

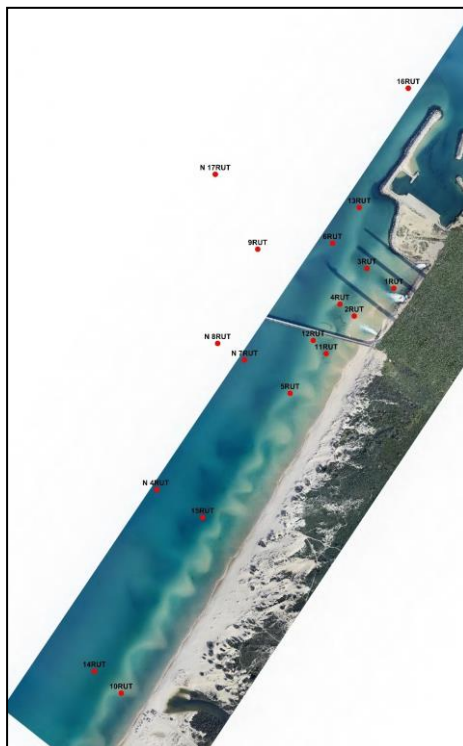
חברת החשמל לישראל בע"מ  
חטיבת פרויקטים הנדסיים  
מגזר הנדסה וטכנולוגיה חטיבתי  
מחלקת אסדרה סביבתית



## ניטור הסביבה הימית

אתר תחנות הכח "רוטנברג", חברת החשמל לישראל  
מתקן התפלה אשקלון, חברת וי.אי.די  
מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים, חברת מקורות  
תחנת הכח "דוראד אנרגיה"  
מפעל "אינטל אלקטרוניקה" (קרית גת)

דו"ח לשנת 2021



אפריל 2022

## **ניטור הסביבה הימית**

**אתר תחנות הכח "רוטנברג", חברת החשמל לישראל  
מתקן התפלה אשקלון, חברת וי.אי.די  
מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים, חברת מקורות  
תחנת הכח "דוראד אנרגיה"  
מפעל "אינטל אלקטרוניקה" (קרית גת)**

**דו"ח לשנת 2021**

מוגש למשרד להגנת הסביבה

עורך הדוח:

פרופ' יובל כהן  
יועץ לחברת וי.אי.די ולחברת החשמל

שותפים בביצוע הניטור והכנת הדוח:  
כפיר אברמזון, חברת החשמל (דיגום, טמפרטורה)  
גידי לוי, חברת החשמל (דיגום, ביולוגיה, סטטיסטיקה)  
חביבה שורץ, חברת החשמל (גרנולומטריה, ריכוז נתונים)

REL-2-2022

אפריל 2022

## תקציר

דו"ח זה מציג את תוצאות הניטור שבוצע בשנת 2021 באזור אשקלון במטרה להעריך את ההשפעות על הסביבה הימית של תחנת הכוח "רוטנברג" של "חברת החשמל לישראל", מתקן התפלה אשקלון של חברת "וי.אי.די", מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של חברת "מקורות", תחנת הכוח של חברת "דוראד אנרגיה" ומפעל "אינטל אלקטרוניקה" (קרית גת). הניטור מתבצע עפ"י תכנית ניטור רב-שנתית שנקבעה ע"י המשרד להגנת הסביבה ועונה על הדרישות לניטור הסביבה הימית בהיתרי ההזרמה לים של הגורמים המנוטרים.

בשנת 2021 בוצע ניטור באזור ההזרמה של מי הקירור של תחנות הכח, מי הרכז של מתקני ההתפלה והתמלחת של מפעל אינטל אלקטרוניקה, אשר כלל מיפוי התפוצה המרחבית של טמפרטורה ומליחות (מדידות CTD), בדיקות של איכות מי הים, של אוכלוסיות המיקרואצות בגוף המים, של איכות הסדימנט ושל אוכלוסיות החי בתוך המצע. הניטור התבצע בחורף (פברואר), באביב (יוני), בקיץ (אוגוסט) ובסתיו (נובמבר) בהתאם לתדירות שנקבעה בתכנית הניטור לכל אחד ממרכיביה. הדוח כולל ניתוח של ממצאי הניטור והשוואות לממצאי הניטור הרב-שנתי. להלן תמצית הממצאים והמסקנות.

**איכות מי הים:** בשנת 2021 הטמפרטורות הגבוהות ביותר שנמדדו באזור הניטור ותוספות הטמפרטורה ביחס לטמפרטורות הרקע ( $\Delta T$ ) בימי מדידות CTD היו: באביב, בפני המים  $32.63^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta T = 4.67^{\circ}\text{C}$ ) ובסמוך לקרקעית  $33.37^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta T = 5.41^{\circ}\text{C}$ ); בסתיו, בפני המים  $28.29^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta T = 3.79^{\circ}\text{C}$ ) ובסמוך לקרקעית  $27.59^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta T = 3.09^{\circ}\text{C}$ ). בדיגומי החורף והקיץ, בהם בוצעו מדידות רק בנקודות RUT, הטמפרטורות המרביות היו  $23.93^{\circ}\text{C}$  ו-  $35.01^{\circ}\text{C}$  בהתאמה. באביב פיזור פלומת מי הקירור היה בעיקר בכיוון צפון, עם שרידי פיזור לכיוון דרום-מערב. ערכי  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  ו-  $2^{\circ}\text{C}$  הגיעו בפני המים עד כ-  $3.3$  ק"מ ו-  $1.75$  ק"מ מצפון למוצאי מי הקירור ומי הרכז, בהתאמה\*. ערך  $\Delta T$  של  $3^{\circ}\text{C}$  נמצא רק בנקודה אחת, במרחק של  $1.1$  ק"מ מצפון-מערב למוצאים. בסמוך לקרקעית ערך  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  הגיע עד כ-  $1.65$  ק"מ מצפון ו-  $0.65$  ק"מ מצפון-מערב למוצאים וערך  $\Delta T$  של  $2^{\circ}\text{C}$  הגיע עד כ-  $0.3$  ק"מ ממערב למוצאים. בסתיו פלומת מי הקירור החמים השתרעה לכיוון מערב. בפני המים ערך  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  הגיע עד  $0.55$  ק"מ ממוצאי מי הקירור ומי הרכז כאשר עיקר הפלומה נמצא קרוב למוצאים, עד  $0.15$  ק"מ מהם. בסמוך לקרקעית ערך  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  הגיע עד  $1.7$  ק"מ ממערב למוצאים ו-  $\Delta T$  של  $2^{\circ}\text{C}$  הגיע עד  $0.6$  ק"מ ממערב למוצאים. בהשוואה רב-שנתית של הטמפרטורות בנקודות RUT, נראה טווח טמפרטורות שונה בנקודות שונות בין השנים, אולם במרבית הנקודות יש דמיון בתפוצת הטמפרטורה בהתאם למיקום ביחס למוצאי מי הקירור. במרבית המקרים בתקופה 2013-2021, ערכי  $\Delta T$  המרביים נמדדו במרחק של עד 500 מ' מהמוצאים. ערכי  $\Delta T$  המרביים בפני המים ובקרקעית בתקופה זו היו  $4.1^{\circ}\text{C}$ - $9.9^{\circ}\text{C}$  ו-  $2.0^{\circ}\text{C}$ - $5.3^{\circ}\text{C}$  במועדי מדידות CTD בעונות האביב והסתיו, בהתאמה, למעט בסתיו 2017 שהיה חריג עם ערכי  $\Delta T$  מרביים של  $9.5^{\circ}\text{C}$  בפני המים ו-  $8.5^{\circ}\text{C}$  בקרקעית. הסיבות להבדלי הטמפרטורה בין השנים בנקודות השונות הן הבדלים במספר יחידות הייצור הפועלות של תחנת הכח רוטנברג, ספיקות שונות של מי קירור, הבדלים באחוזי ייצור החשמל ביחידות הייצור, הבדלים בהיקף הפעילות של מתקן התפלה אשקלון, תנאים סביבתיים שונים (בעיקר כיוון ומהירות הרוח), מרחקים שונים של הנקודות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז, מיקום הנקודות ביחס לכיוון זרמי המוצא ומועדי דיגום שונים בטווח העונתי. בשנת 2021 הניטור באביב ובסתיו נערך בתאריכים מאוחרים ביחס למרבית שנות הניטור ולכן באביב טמפרטורות המים הייתה גבוהה מהממוצע הרב-שנתי ובסתיו הטמפרטורה הייתה נמוכה מהממוצע הרב-שנתי.

עקב הערבוב של מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון עם מי הקירור החמים הנפלטים מתחנת הכח רוטנברג, כאשר כל או מרבית היחידות של תחנת הכח פועלות והספיקה של מי הקירור מירבית במרבית היחידות, מתקיים מתאם חיובי בין הטמפרטורה והמליחות של מי הים באזור הניטור ובד"כ התבנית המרחבית של המליחות באזור הניטור דומה לזו של הטמפרטורה. תפוצת המליחות הרגועת נקבעת ע"י ספיקת מי הרכז של מתקן ההתפלה וההשפעה המשולבת של הזרמת מי הקירור של תחנת הכח ושל התנאים הסביבתיים (כיווני ועוצמות הרוחות והזרמים הטבעיים באזור).

\* בדוח זה המונח "מוצאי מי הקירור ומי הרכז" מתייחס למוצאים הסמוכים של מי הקירור של יחידות 1 ו- 4 של תחנת הכח רוטנברג, של מי הקירור של תחנת הכח של דוראד כולל התמלחת של מפעל אינטל ושל מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון, כולל מי הרכז של מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של חברת מקורות.

בעת מדידות CTD באביב, פלומת המליחות הגבוהה השתרעה בפני המים בכיוון צפון ובסמוך לקרקעית בכיוון דרום וצפון והשטח של פלומת המליחות הגבוהה היה יותר גדול בפני המים מאשר בסמוך לקרקעית. המליחות הגבוהה ביותר בפני המים, 40.85, נמדדה במרחק של כ- 1.1 ק"מ מצפון-מערב למוצאי מי הקירור ומי הרכו. תוספת המליחות יחסית לרקע הטבעי ( $\Delta S$ ) הייתה 3.2%. בסמוך לקרקעית המליחות הגבוהה ביותר ( $\Delta S = 3.1\%$ , 40.81) נמדדה במרחק של 0.35 ק"מ ממערב למוצאים. בכל נקודות המדידה האחרות  $\Delta S$  בסמוך לקרקעית היה פחות מ- 2.5%. בעת מדידות CTD בסתיו פלומת המליחות הגבוהה השתרעה בכיוון מערב והשטח של פלומת המליחות הגבוהה היה יותר גדול בסמוך לקרקעית מאשר בפני המים. הן בפני המים והן בסמוך לקרקעית המליחות הגבוהה ביותר נמדדה בסמוך למוצאי מי הקירור ומי הרכו ( $\Delta S = 5.0\%$ , 41.58) ו-  $\Delta S = 4.8\%$  (בהתאמה). השטח בסמוך לקרקעית שבו  $\Delta S > 2.5\%$  היה כ- 0.67 ק"מ<sup>2</sup>.

בארבעת מועדי הניטור ב- 2021: בחורף, באביב, בקיץ ובסתיו, בכל או כמעט בכל נקודות ועומקי הדיגום, החמצן המומס היה רווי ביתר, עם אחוזי רוויה אופייניים למים חופיים רדודים המושפעים מהגלים. בכמה דגימות באביב ובקיץ שבהן החמצן לא היה רווי ביתר, אחוז הרוויה היה גבוה מ- 95%. תוצאות אלו גבוהות מהערך של 80% רוויה שנקבע כ"תקן למי ים" במסגרת ההמלצות של המשרד להגנת הסביבה לתקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל (להלן- תקן מי הים). בכל מועדי הניטור העכירות באזור הניטור הייתה נמוכה, עד 3 NTU (למעט מדידה אחת של 4 NTU) ולא נמצא מתאם בין העכירות והמליחות של מי הים (אשר מהווה סמן לנוכחות מי הרכו של מתקן התפלה אשקלון). ערכי החציון של מדידות העכירות בעונות השונות היו בתחום 0.8-1.4 NTU. באביב ובסתיו, כאשר נמדדו גם ריכוזי חלקיקים מרחפים במי הים (TSS), לא נמצא מתאם בין העכירות לבין TSS באזור הניטור.

ניתוח נתוני הניטור של חומר מרחף (TSS), נוטריאנטים וכלורופיל בדוח זה מתייחס, בין היתר, לערכי ייחוס של פרמטרים אלה אשר הוצעו ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל" כמייצגים של הרקע הטבעי באזור הרדוד (עד עומק מים של 15 מ') לאורך החוף, באזור מתל אביב ועד אשקלון. ריכוזים מדודים של הפרמטרים הנ"ל, או ערכי החציון שלהם באזור הניטור, בתחום של עד 50% סטייה מערכי הייחוס (להלן- קריטריון ההתאמה לערכי הייחוס) נחשבים כהתאמה טובה לערכי הייחוס. בדיגום האביב ריכוזי TSS היו בתחום 1.7-3.1 מג"ל וערך החציון, 2.3 מג"ל, היה זהה למעשה לקריטריון ההתאמה לערך הייחוס. בדיגום הסתיו ריכוזי TSS היו בתחום 0.4-4.3 מג"ל וערך החציון היה 0.98 מג"ל (לא הוצע ערך ייחוס לסתיו). בדיגום האביב נמצא מתאם חלש בין ריכוזי TSS והמליחות של מי הים ובדיגום הסתיו לא נמצא מתאם כזה. סביר להניח שהמתאם שנמצא בדיגום האביב אקראי, מאחר שבכל הדיגומים האחרים בעונות האביב והסתיו מאז שנת 2010 לא נמצא מתאם בין TSS למליחות.

בכל מועדי הניטור נמדדו בחלק מנקודות הניטור, במיוחד בנקודות הקרובות למוצאי מי הרכו של מתקני ההתפלה, ריכוזי נוטריאנטים אשר חורגים מערכי הייחוס ואף מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס, אולם גם ריכוזים אלה נמוכים יחסית לריכוזים אשר נחשבים כעלולים לגרום לתהליכי אוטרופיקציה בסביבה הימית. ריכוזי הניטראט שנמדדו בארבעת מועדי הניטור בכל אזור הניטור היו בתחום 0.15-18.0 מיקרומולר (0.002-0.25 מג"ל). בכל המועדים ערכי החציון של ריכוזי הניטראט היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס המתאימים ובחלקם ריכוזי הניטראט שנמדדו באזור הניטור יותר גבוהים גם מהריכוזים הגבוהים ביותר שנמדדו באותם חודשים במי הרכו של מתקן התפלה אשקלון. ריכוזי החומצה הסיליצית שנמדדו בארבעת מועדי הניטור בכל אזור הניטור היו בתחום 1.5-14.0 מיקרומולר (0.04-0.4 מג"ל). בארבעת המועדים ערכי החציון של ריכוזי החומצה הסיליצית באזור הניטור היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. באביב, בקיץ ובסתיו נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי הניטראט והחומצה הסיליצית למליחות של מי הים, כפי שנמצא במרבית מועדי הניטור בשנים קודמות. בדיגום החורף, כאשר מתקן התפלה אשקלון לא פעל, נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי הניטראט והחומצה הסיליצית לטמפרטורה. כנראה שהמקור לריכוזים הגבוהים, יחסית, של ניטראט וחומצה סיליצית שנמדדו באזור הניטור הוא רכוז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים אשר מוזרם לתוך זרם מי הרכו של מתקן התפלה אשקלון. ריכוזי האמוניום שנמדדו בארבעת מועדי הניטור היו בתחום 0.06-1.7 מיקרומולר ( $<0.001$ -0.02 מג"ל), ובכולם ערכי החציון של ריכוזי האמוניום היו נמוכים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. כל ריכוזי האמוניום שנמדדו בכל אזור הניטור בשלושת מועדי הניטור נמוכים בהרבה מתקן מי הים (0.5 מג"ל ממוצע ו- 2.4 מג"ל מרבית, או 36 ו- 171 מיקרומולר). חנקן אורגני היווה עד 96% מכלל החנקן במועדי הניטור השונים בהתאם לתחום ההשפעה של הזרמת הניטראט ברכו מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים. בדיגומי החורף, האביב והקיץ ערך החציון של ריכוזי החנקן הכללי היה גבוה מקריטריון ההתאמה לערך הייחוס. בארבעת מועדי הניטור, בכל הדגימות, ריכוז החנקן הכללי היה נמוך בהרבה מתקן מי הים (1.0 מג"ל או 71 מיקרומולר). ריכוזי הפוספאט שנמדדו בארבעת מועדי הניטור היו בתחום 0.002-0.32 מיקרומולר (0.0007-0.01 מג"ל). רק בקיץ

ערכי החציון של ריכוזי הפוספאט באזור הניטור היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. בדיגומי האביב והסתיו נמצא מתאם בין ריכוזי הפוספאט למליחות, בניגוד למרבית הדיגומים בשנים קודמות. בחורף נמצא מתאם בין ריכוזי הפוספאט לטמפרטורה של מי הים. ריכוזי הזרחן האורגני (TOP) שנמדדו בארבעת מועדי הניטור היו עד כ- 1 מיקרומולר (0.03 מג"ל). כמו במרבית הדיגומים בשנים קודמות, באביב, בקיץ ובסתיו נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי TOP למליחות של מי הים אשר מצביע על כך שבחלקם ריכוזי TOP שנמדדו באזור הניטור נובעים מהזרמה של פוליפוספונט ממתקן התפלה אשקלון וייתכן שבמידה פחותה בהרבה גם מהזרמה של פוליפוספונט ממתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים (עקב השימוש באנטיסקלנטים פוספונטים בתהליך ההתפלה). בחורף נמצא מתאם בין ריכוזי TOP לטמפרטורה של מי הים; מאחר שבעת הניטור לא נעשה שימוש באנטיסקלנטים במתקן התפלה אשקלון (לא היה ייצור של מים מותפלים), כנראה שהמתאם משקף את ההזרמה של פוספונט ממתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים. כל ריכוזי הזרחן הכללי שנמדדו באזור הניטור היו נמוכים מתקן מי הים (0.1 מג"ל או 3.2 מיקרומולר). באביב ובקיץ, ריכוזי החציון של זרחן כללי היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. בניתוח מגמות רב שנתי (2008–2021) של ריכוזי הנוטריאנטים באזור הניטור ביחס להזרמות של נוטריאנטים, לא ניתן להצביע על מגמות רב-שנתיות עקביות של שינויים כלליים (בכל אזור הניטור) בריכוזי הנוטריאנטים באף אחת מעונות השנה. עם זאת, באופן כללי, בשנים 2011–2020, שבהן העומסים של ניטראט וחומצה סיליצית ממי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות גדלו בשיעור ניכר, הריכוזים של נוטריאנטים אלה בתחום של 0.5 ק"מ ממוצא מי הרכז היו גבוהים יותר מאשר בשנים הקודמות.

ריכוזי הכלורופיל באזור הניטור בחורף ובסתיו היו נמוכים, עד כ- 0.6 מקג"ל, וערכי החציון של הריכוזים (0.40 ו-0.35 מקג"ל, בהתאמה) תאמו לערכי הייחוס. באביב ובקיץ נמדדו ריכוזים יותר גבוהים, עד 1.0 ו-1.7 מקג"ל, בהתאמה, וערכי החציון (0.88 ו-1.24 מקג"ל, בהתאמה) היו גבוהים מערכי הייחוס. בדיגום החורף נמצא מתאם לינארי שלילי בין ריכוזי הכלורופיל לטמפרטורה של מי הים ובסתיו נמצא מתאם כזה בין ריכוזי הכלורופיל לבין המליחות והטמפרטורה, כאשר בשני הדיגומים טווח השינויים בריכוזי הכלורופיל בין תחנות הדיגום השונות היה קטן. באביב ובקיץ, כאשר ריכוזי הכלורופיל היו יותר גבוהים וטווח השינויים בין תחנות הדיגום היה יותר גדול, לא נמצא מתאם בין ריכוזי הכלורופיל למליחות והטמפרטורה של מי הים. סביר להניח שממצאי דיגום הקיץ ואולי גם ממצאי דיגום האביב מצביעים על השפעה של הזרמת ביוב לים מרצועת עזה (התפתחות מוגברת של אצות מול רצועת עזה שהוסעו צפונה עם זרמי הים). בבחינה של נתונים רב-שנתיים (2012–2021) של ניטור הכלורופיל בעונות האביב והסתיו לא נראית מגמה של שינוי בריכוזי הכלורופיל עם הזמן. מסקנה זו תקפה גם לשנים קודמות ולעונות החורף והקיץ, מאז תחילת הפעילות של מתקן התפלה אשקלון ומתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים. השינויים הרב-שנתיים בריכוזי הנוטריאנטים באזור הניטור לא באו לידי ביטוי בריכוזי החציון של הכלורופיל שהיו במרבית המקרים קרובים לערכי הייחוס ואף נמוכים מהם. במהלך השנים נמדדו באזור הניטור ריכוזי כלורופיל חריגים (1.2 מקג"ל) שכנראה נבעו מהזרמה לים של ביוב מרצועת עזה. ייתכן שבחלק מהמקרים הייתה גם השפעה מסוימת של כתמי כלורופיל שהגיעו מאזור הדלתא של הנילוס.

ריכוזי פחמן אורגני מומס (TOC) שנמדדו באביב ובסתיו, עד 1.3 מג"ל, הם בתחום הריכוזים האופייניים במים חופיים בכלל והריכוזים שנמדדו באתרים לא מזוהמים באזור הרדוד של מימי החופים של ישראל. בבדיקות של הריכוזים הכלליים של מתכות במי הים (מתכות מומסות + ספוחות לחלקיקים מרחפים) באביב ובסתיו כל המתכות שנבדקו (למעט אלומיניום בכל נקודות הדיגום בשני מועדי הדיגום, ברזל בחלק מנקודות הדיגום באביב ונקודה אחת הסתיו וריכוז נמוך מאד של אבץ בדגימה אחת) לא התגלו בגבולות הגילוי של הבדיקות שכולם נמוכים מערכי תקן מי הים ומהתקנים הסביבתיים לאיכות מי ים של ארה"ב ושל האיחוד האירופי שמטרתם הגנה על החי הימי. לא נמצא קשר בין ריכוזי הברזל בדיגום האביב למליחות של מי הים. ייתכן שהמקור לריכוזי הברזל שנמדדו בדיגום האביב הוא עבודות השיפוץ של מזח הפחם של תחנת הכח רוטנברג (שימוש בחומר המכיל תחמוצת ברזל להסרת חלודה מעמודי המזח וחלקיקי חלודה שנשרו לים). ריכוזי כלור חופשי וכלור כללי שנבדקו באביב ובסתיו בשתי נקודות במרחקים של כ- 80 מ' וכ- 350 מ' ממוצאי מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג היו נמוכים מהריכוז המותר בהיתר ההזרמה לים של תחנת הכח - 0.2 מג"ל.

**מיקרואצות בגוף המים:** מאסף האצות בגוף המים נבדק באביב ובסתיו בשלוש נקודות הממוקמות בניצב לחוף במרחקים של 0.25 (RUT3), 0.8 (RUT9) ו-1.16 ק"מ (RUT17) ממוצאי מי הקירור ומי הרכז. ריכוזי תאי המיקרואצות היה גבוה יותר באביב בשלוש הנקודות. ההבדל בריכוז התאים לליטר בין העונות היה הגבוה ביותר בנקודה RUT17 אך באופן כללי ההבדל היה נמוך. עושר המינים באביב היה הגבוה ביותר בנקודה RUT17 בכל קבוצות המיקרואצות למעט קבוצת הצורניות, בה עושר המינים היה הגבוה יותר בנקודה RUT3. בסתיו עושר המינים של הדינופלגלטים היה הגבוה

ביותר בנקודה RUT9, של הצורניות בנקודה RUT3 ושל הכחוליות בנקודה RUT17. עושר המינים הכללי היה גבוה יותר באביב מאשר בסתיו למעט בקבוצת הדינופלגלטים. עושר המינים של הכחוליות היה נמוך באופן חריג בסתיו בשלוש נקודות הדיגום וכלל רק את המין הנפוץ *Synechococcus sp.*, למעט בנקודה RUT17 בה הופיע מין נוסף. מגוון המינים היה גבוה יותר באביב מאשר בסתיו בשלוש נקודות הדיגום וההבדלים בין הנקודות היו קטנים בשתי העונות. מגוון המינים באביב היה הגבוה ביותר בנקודה RUT3 והנמוך ביותר בנקודה RUT9 ובסתיו הגבוה ביותר בנקודה RUT9 והנמוך ביותר בנקודה RUT17. ניתוח אשכולות של נתוני הניטור בשנים 2017-2021 הראה דמיון רב במגוון המינים בין שלוש נקודות הדיגום. ההבדל הגדול ביותר במגוון המינים נמצא בין שנת 2018 ליתר שנות הניטור מכיוון שבשנה זו מגוון המינים היה גבוה במיוחד, אך לא נמצא הבדל בין נקודות הדיגום השונות בשתי העונות. תוצאות אלו מעידות באופן עקיבי על העדר השפעה של רכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים (כמו גם של הגורמים המנוטרים האחרים) על אוכלוסיית האצות באזור. כמו בשנים קודמות, גם בשנת 2021 ריכוז התאים של מינים בעלי פוטנציאל רעילות מקבוצת הדינופלגלטים כגון *Akashiwo sanguinea*, *Dinophysis caudata* ו- *Prorocentrum minimum* היה נמוך מאוד באזור הניטור, בארבעה סדרי גודל פחות מהריכוזים העלולים להוות סכנה. הריכוזים של מינים של *Pseudonitzschia spp.* מקבוצת הצורניות, שחלקם עלולים להיות בעלי פוטנציאל רעילות, הופיעו בשנת 2021 באביב בריכוז בסדר גודל של  $10^3$  Cells/L בשלוש נקודות הדיגום ובסתיו בריכוז של מאות תאים לליטר בשלוש הנקודות. ריכוזים אלה נמוכים בשלושה סדרי גודל לפחות מהריכוזים העלולים להוות סכנה. בסתיו הופיע המין *Nitzschia sp.* בריכוז של  $10^5$  Cells/L בשלוש הנקודות, נמוך בשני סדרי גודל מריכוז בעל פוטנציאל להרעלה.

**איכות הסדימנט:** באופן כללי, התפלגות גודל גרגרי הסדימנט באזור הניטור אופיינית לסדימנט החולי באזור הרדוד של חופי ישראל. בשני מועדי הדיגום, באביב ובסתיו 2021, התפלגות גודל הגרגר הייתה בי-מודלית: מקטעי גודל הגרגר השכיחים היו 250-500 מיקרומטר ו-180-250 מיקרומטר, למעט שתי נקודות דיגום: בנקודת הדיגום העמוקה ביותר המקטע השני בתרומתו היה 125-180 מיקרומטר; בנקודת הדיגום הדרומית ביותר, המרוחקת ממוצאי מי הקירור, מקטע גודל הגרגר השני בתרומתו היה 500-1000 מיקרומטר. ריכוזי חומר אורגני (TOC) ומתכות כבדות בסדימנטים שנמדדו באביב 2021 באזור הניטור נמוכים, דומים בכל נקודות הדיגום ובתחום הערכים הטבעיים במימי החופים של ישראל בכלל, כמו גם בתחום הריכוזים שנמדדו באזור אשקלון לפני התחלת הפעילות של מתקן התפלה אשקלון. כל הריכוזים נמוכים מהריכוזים שבהם צפויות השפעות מזיקות על החי הימי (עפ"י הקריטריונים הסביבתיים ERM/ERL להגנה על החי הימי). ממצאי הניטור הרב-שנתי של ברזל בסדימנטים מעידים שהברזל שהוזרם לים ממתקן התפלה אשקלון לא הצטבר בסדימנטים באזור הניטור.

**החי בתוך המצע:** בדיגומי אביב וסתיו 2021 נאספו באזור הניטור, מוינו ונספרו 14,384 ו-12,602 פרטים של חי תוך המצע, בהתאמה. מערכת נמטודה היוותה 86.9% מכלל האורגניזמים באביב ו-85.3% בסתיו. הקבוצות העיקריות הנוספות שהרכיבו את חברת חי תוך המצע היו תולעים רב-זיפיות, סרטנאים ורכיכות. באביב הופיעו פרטים מסדרת אקולה בשכיחות גבוהה ובסתיו תולעי חוטם. בשתי העונות לא נמצא מתאם בין שכיחות הפרטים הכללית לבין המרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז אך בסתיו נמצא מתאם חיובי לעומק של נקודות הדיגום. ניתוחים של נתוני החי בתוך המצע, שבוצעו על מנת לבחון את תחום ההשפעות האפשריות של ההזרמה לים של מי הקירור מתחנות הכח ומי הרכז ממתקני ההתפלה, כללו מדדים חד-משתניים של מאסף החי (מספר הפרטים, עושר הטקסונים, מגוון המינים ומדד השיויוניות) ומבחנים סטטיסטיים רב-משתניים (Cluster analysis, nMDS, Permanova). בנוסף בוצעו ניתוחים רב-משתניים של נתוני הניטור בשנים 2015-2021 (קבוצות החי הראשיות) לצורך השוואה רב שנתית. על סמך משתני המאסף הכלליים, לא ניתן להצביע על השפעה שלילית של מי הקירור ורכז ההתפלה על חברת חי תוך המצע באביב, מכיוון שהמדדים הגבוהים ביותר נמצאו בקרבת מוצאי מי הקירור ומי הרכז והנמוכים ביותר בנקודות הרחוקות מהמוצאים והעמוקות, כולל נקודות הביקורת. בסתיו ניתן לקבוע שמי הקירור ומי הרכז משפיעים על הרכב חברת החי בתוך המצע בעיקר בקרבת המוצאים לכיוון דרום-מערב ונקודות הדיגום מצפון למוצאים מושפעות פחות מפלומת המים החמים והמלוחים. ניתוח רב משתנים של מאסף החי בדיגומי 2021 מראה שבאביב נקודות הדיגום הרדודות והקרובות למוצאים מדרום נבדלות מיתר הנקודות בגלל עושר טקסונים ומגוון מינים גבוה. בסתיו נקודות הדיגום הרדודות והקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז שונות מנקודות הדיגום האחרות בגלל מיעוט במספר הטקסונים והפרטים. מבחן Permanova הראה הבדלים מובהקים בהרכב חברת החי בין הנקודות הקרובות ביותר למוצאי מי הקירור ומי הרכז מדרום לבין הנקודות הרחוקות ביותר בשתי העונות, בין הנקודות הרדודות ביותר לעמוקות ביותר באביב ובין כל שלוש קטגוריות

העומק בסתיו. מהשוואה של נתוני הניטור הרב-שנתיים של החי בתוך המצע, 2015-2021 (ללא 2018 ו-2020 בהן לא התבצע דיגום), עולה שעל אף שברור שקיימת שונות רב-שנתית ניכרת במאסף החי בתוך המצע, שכיחות הקבוצות השונות מושפעת יותר מהמיקום במרחב מאשר מגורם הזמן. עם זאת, באביב 2021 תפוצת האורגניזמים בנקודות הדיגום הייתה חריגה ונמצא הבדל מובהק בעושר הטקסונים ומגוון המינים בהשוואה לניטורי האביב בשנים קודמות. כמו כן ניתן לראות מגמה של עליה בשכיחות הנמטודה וירידה בשכיחות הסרטנאים בעונת האביב בחמש שנות הניטור האחרונות. בסתיו לא ניתן לזהות מגמות אלו, דבר הממחיש את הדינמיות הרבה בהרכב חברת חי תוך המצע ואת ההשפעות העונתיות על הרכב החברה. ניתוח רב-משתנים של הנתונים הרב-שנתיים הפריד באופן מובהק בין שלושת מעגלי המרחקים מהמוצאים ובין שלוש קטגוריות העומק, בשתי עונות הדיגום.

### מסקנות מממצאי הניטור הרב-שנתי\*

- מי הקירור החמים הנפלטים מתחנת הכח רוטנברג מעלים את הטמפרטורה של מי הים בחלק מאזור הניטור. פיזור פלומת המים החמים מושפע בעיקר מתנאי התפעול של תחנת הכח ומתקן ההתפלה ומהתנאים הסביבתיים, בעיקר מכיוון הרוח. בדרך כלל הטמפרטורות הגבוהות ביותר והפרשי הטמפרטורה הגבוהים ביותר ביחס לרקע נמדדים בנקודות הקרובות למוצאי המים החמים (עד 0.5 ק"מ), אולם כבר במרחק של כ- 0.1 ק"מ מהמוצאים הפרש הטמפרטורה קטן מ-  $10^{\circ}\text{C}$ . במרחק של כ- 1 ק"מ מהמוצאים ההפרש אינו גדול מ-  $5^{\circ}\text{C}$ - $6^{\circ}\text{C}$  (נתוני השנים האחרונות). בהשוואה רב שנתית של פיזור הטמפרטורה, בנוסף לגורמים לעיל, יש להתחשב גם במועד הניטור בתוך העונה הנדגמת (בטמפרטורה הטבעית היחסית בתוך העונה).
- מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון מעלים את המליחות של מי הים בחלק מאזור הניטור אולם שינויי המליחות קטנים מתחזית מודל הפיזור של מי הרכז שנערך לפני הפעלת מתקן ההתפלה. תפוצת המליחות באזור הניטור נקבעת ע"י היקף הערבוב של מי הרכז של מתקן ההתפלה עם מי הקירור החמים הנפלטים מתחנת הכח רוטנברג וכיווני ועוצמות הרוחות והזרמים הטבעיים באזור. ב- 15 שנות ניטור, מאז תחילת ההפעלה השוטפת של מתקן ההתפלה בשנת 2006, תוספת מליחות גבוהה ביותר מ- 11% מהרקע הטבעי (עד 12.8%) נמדדה רק פעמיים (בסתיו 2017 ובסתיו 2020) במרחק של עד 0.35 ק"מ ממוצא מי הרכז. בד"כ פלומת המליחות הגבוהה משתרעת כלפי דרום ו/או מערב, אולם ייתכנו מצבים חריגים של התפשטות הפלומה כלפי צפון-מערב עד צפון. השטח בסמוך לקרקעית הים בו המליחות של מי הים גבוהה מהרקע הטבעי בשיעור של יותר מ- 5% (כ- 2 יחידות מליחות) בד"כ מצומצם ומוגבל למרחק של עד כמה מאות מטרים ממוצא מי הרכז. כאשר תחנת הכח רוטנברג פועלת בהיקף מצומצם, תוספת מליחות בשיעור של 2.5% (כ- 1 יחידת מליחות) לעומת הרקע יכולה להגיע למרחק של כמה ק"מ ממוצא מי הרכז.
- ממצאי הניטור מעידים שמי הרכז של מתקן התפלה אשקלון אינם משפיעים על העכירות ועל ריכוזי חמצן מומס, חומר מרחף, נוטריאנטים (למעט זרחן אורגני כללי) ופחמן אורגני באזור הניטור.
- ממצאי הניטור מצביעים על השפעה של רכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים של חברת מקורות (אשר מוזרם לתוך זרם מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון) על ריכוזי הניטראט והחומצה הסיליצית באזור הניטור, בעיקר בתחום הקרוב למוצא מי הרכז.
- ממצאי הניטור מצביעים על השפעה של מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון וייתכן, במידה פחותה בהרבה, גם על השפעה של מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים, על ריכוזי הזרחן האורגני במי הים באזור הניטור (עקב השימוש באנטיסקלנטים פוספונטיים). תוספות אלו של זרחן אורגני אינן תורמות כמויות משמעותיות של פוספאט לאיזור הניטור.
- ממצאי הניטור מעידים שלהזרמה לים של מי הקירור מתחנות הכח רוטנברג ודוראד ושל מי הרכז ממתקן התפלה אשקלון וממתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים אין השפעה על ריכוז הכלורופיל (מדד לביומסה של אצות) באזור הניטור. במהלך השנים נמדדו באזור הניטור ריכוזי כלורופיל חריגים שכנראה נבעו מההזרמה לים של ביוב מרצועת עזה (התפתחות מוגברת של אצות באזור עזה והסעתן צפונה עם זרמי הים).

\* המסקנות מבוססות על הממצאים של הניטור מאז תחילת ההפעלה השוטפת של מתקן התפלה אשקלון בשנת 2006 ובכלל זה ממצאים של פעולות ניטור שלא מתבצעות בכל שנה ולכן לא בוצעו בשנת 2021, למעט התייחסות לממצאים של מיפוי בתימטרי ומצב קרקעית הים אשר מוצגת בשנים של ביצוע מיפוי.

- ממצאי הניטור לא מצביעים על השפעה של תמלחות מפעל אינטל אלקטרוניקה וההזרמות לים מתחנות הכח וממתקני ההתפלה על ריכוזי מתכות כבדות במי הים באזור הניטור.
- ממצאי הניטור לא מצביעים על קשר בין ההזרמה לים של רכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים (המועשרים בניטראט וחומצה סיליצית) לבין ההופעה של מיקרואצות באזור הניטור (התפלגות הקבוצות השונות במאסף האצות, ריכוזי האצות ונוכחות אצות בעלות פוטנציאל רעילות).
- מבחינת עושר, התפלגות ושכיחות המינים של הקבוצות השונות של האצות, ממצאי ניטור 2021 אינם חריגים ביחס לממצאי הניטור בשנים קודמות ולממצאים של תכניות ניטור אחרות באזורים סמוכים.
- הריכוזים של האצות בעלות הפוטנציאל לרעילות שנמצאו באזור הניטור אינם מהווים סכנה. ריכוזים דומים ואף גבוהים מהם נמצאו במקומות אחרים לאורך החוף של ישראל.
- ממצאי הניטור לא מצביעים על השפעה של מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון על ריכוזי פחמן אורגני ומתכות כבדות (ברזל ומתכות קורט) בסדימנטים באזור הניטור ומעידים שהמתכות המוזרמות לים ממתקן ההתפלה אינן מצטברות בסדימנטים באזור הניטור אלא מתפזרות ברחבי הים. ממצאים אלה מהווים אינדיקציה לכך שככלל, חלקיקים שמקורם במתקן ההתפלה אינם מצטברים בסדימנטים.
- בכל שנות הניטור, תחום ההשפעה המובהקת של הזרמת מי הקירור של תחנות הכח ומי הרכז של מתקני ההתפלה על אוכלוסיות החי בתוך המצע באזור הניטור (דילול של מספר הפרטים והמינים), היה מצומצם מאוד ומוגבל לרצועת מים רדודים (עד עומק של כ- 5 מ') שהשתרעה עד למרחק של 0.8 ק"מ מדרום מערב למוצאי המים החמים והמלוחים ו- 0.5 ק"מ מהחוף.
- תכולת הפחם הזעומה שנמצאה בסדימנט באזור מזרח הפחם של תחנת הכח רוטנברג מעידה על יעילות הפעולות שננקטו למניעה וצמצום של נשירת פחם לים בעת פריקת הפחם ועל העדר השפעה משמעותית של פריקת הפחם על קרקעית הים.

|     |                                                                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| 1   | <b>1. מבוא</b>                                                  |
| 1   | 1.1 מטרת ותכנית הניטור                                          |
| 2   | 1.2 הגורמים המנוטרים                                            |
| 2   | 1.2.1 תחנת הכח רוטנברג, חברת החשמל לישראל                       |
| 3   | 1.2.2 מתקן התפלה אשקלון, חברת וי.אי.די                          |
| 3   | 1.2.3 מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים, חברת מקורות              |
| 4   | 1.2.4 תחנת הכח דוראד אנרגיה                                     |
| 4   | 1.2.5 מפעל אינטל אלקטרוניקה (קרית גת)                           |
| 5   | <b>2. ניטור הזרמות מים חמים, מי רכז התפלה ותמלחות תעשייתיות</b> |
| 5   | 2.1 העבודה בים                                                  |
| 5   | 2.1.1 מועדי הניטור והתנאים הסביבתיים                            |
| 6   | 2.1.2 נקודות הדיגום                                             |
| 12  | 2.1.3 שיטות הדיגום והמדידה                                      |
| 12  | 2.2 העבודה במעבדה                                               |
| 12  | 2.2.1 מי ים                                                     |
| 15  | 2.2.2 מיקרואצות בגוף המים                                       |
| 15  | 2.2.3 משקעי קרקעית (סדימנטים)                                   |
| 16  | 2.2.4 החי בתוך המצע                                             |
| 16  | 2.2.5 ניתוחים סטטיסטיים של ממצאי החי בתוך המצע                  |
| 16  | 2.3 הזרמות לים בימי העבודה בים                                  |
| 16  | 2.3.1 מים חמים מתחנת הכוח רוטנברג                               |
| 17  | 2.3.2 מי רכז ממתקן ההתפלה אשקלון                                |
| 18  | 2.3.3 מי רכז ממתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של מקורות         |
| 18  | 2.3.4 מים חמים מתחנת הכח דוראד ותמלחות ממפעל אינטל אלקטרוניקה   |
| 18  | <b>2.4 תוצאות</b>                                               |
| 18  | 2.4.1 איכות מי הים                                              |
| 19  | 2.4.1.1 טמפרטורה                                                |
| 40  | 2.4.1.2 מליחות                                                  |
| 55  | 2.4.1.3 חמצן מומס                                               |
| 55  | 2.4.1.4 עכירות                                                  |
| 55  | 2.4.1.5 חלקיקים מרחפים (TSS)                                    |
| 56  | 2.4.1.6 נוטריאנטים                                              |
| 65  | 2.4.1.7 כלורופיל                                                |
| 68  | 2.4.1.8 פחמן אורגני מומס (TOC)                                  |
| 68  | 2.4.1.9 מתכות כבדות                                             |
| 69  | 2.4.1.10 כלור                                                   |
| 70  | 2.4.2 מיקרואצות בגוף המים                                       |
| 83  | 2.4.3 איכות הסדימנט                                             |
| 83  | 2.4.3.1 גרנולומטריה                                             |
| 84  | 2.4.3.2 מתכות כבדות ופחמן אורגני                                |
| 88  | 2.4.4 החי בתוך המצע                                             |
| 111 | <b>3. סיכום</b>                                                 |
| 120 | <b>4. מסקנות מממצאי הניטור הרב שנתי</b>                         |
| 122 | <b>5. המלצות</b>                                                |
| 122 | <b>6. רשימת מקורות</b>                                          |

## רשימת נספחים

- נספח א'-תכנית הניטור  
 נספח ב'-נתוני הזרמה לים של הגורמים המנוטרים בשנת 2021  
 נספח ג'-תמונות גלעיני סדימנטים  
 נספח ד'-נתוני החי בתוך המצע, דיגומי אביב וסתיו 2021  
 נספח ה'-ניתוח מגמות רב שנתי (2008 – 2021) של ריכוזי נוטריאנטים במי הים באזור הניטור

## 1. מבוא

### 1.1 מטרת ותכנית הניטור

דו"ח זה מציג את תוצאות הניטור שבוצע בשנת 2021 במטרה להעריך את ההשפעות של תחנת הכוח "רוטנברג" של חברת החשמל לישראל, מתקן התפלה אשקלון של חברת "וי.אי.די", מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של חברת "מקורות", תחנת הכוח של חברת "דוראד אנרגיה" ומפעל "אינטל אלקטרוניקה" (קרית גת), על הסביבה הימית. הניטור מתבצע עפ"י תכנית רב שנתית שנקבעה ע"י המשרד להגנת הסביבה ועונה על הדרישות לניטור הסביבה הימית בהיתרי ההזרמה לים של הגורמים המנוטרים. דוח הניטור נערך עפ"י דרישות המשרד להגנת הסביבה.

מרכיבי תכנית הניטור (תכניות הדיגום, הפרמטרים של הניטור ותדירות הניטור) עודכנו במהלך השנים ע"י המשרד להגנת הסביבה. המתכונת העדכנית של התכנית והשינויים בתכנית במהלך השנים מוצגים בתמציתיות בנספח א.<sup>1</sup> התכנית כוללת שלושה חלקים:

- מעקב אחר השינויים המורפולוגיים המתרחשים בקרקעית הים בסביבה הסמוכה למתקנים הימיים של תחנת הכח רוטנברג (מיפוי בתימטרי סביב בריכת מי הקירור ומזח הפחם של תחנת הכח ובשטח בריכת מי הקירור). המיפוי הממוקד בסביבת המתקנים, שהחל בשנת 2019, החליף את המעקב אחר רוחב החוף והמיפוי הבתימטרי הנרחב באזור תחנת הכח שבוצעו בשנים 1998-2018. החל משנת 2020 המיפוי מתבצע כל חמש שנים.
- ניטור השפעות סביבתיות אפשריות של ההזרמה לים של מי קירור חמים מתחנות הכח רוטנברג ודוראד, של מי רכז ממתקן ההתפלה אשקלון וממתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים של חברת "מקורות" ושל תמלחות תעשייתיות ממפעל אינטל אלקטרוניקה. הניטור של מי הקירור החמים מתחנת הכח רוטנברג החל בשנת 1998. ניטור ההזרמה של מי רכז ממתקני ההתפלה החל בשנת 2006, בשנת 2015 תחנת הכח של דוראד הצטרפה לניטור ובשנת 2019 מפעל אינטל אלקטרוניקה הצטרף לניטור. תכנית הניטור כוללת בדיקות של איכות מי הים, של איכות הסדימנט, של מיקרואצות בגוף המים ושל אוכלוסיות החי בתוך המצע. מרכיבים אלה של הניטור מתבצעים בתדירות שונות: בחלקם ארבע פעמים בשנה, בחלקם פעמיים בשנה, בחלקם כל שנתיים ובחלקם כל חמש שנים.
- ניטור השפעות סביבתיות אפשריות של פריקת פחם במזח הפחם של תחנת הכח רוטנברג. הניטור החל בשנת 2005 ומתבצע כל חמש שנים. עד שנת 2015 הניטור כלל בדיקות של תכולת פחם בסדימנט, של ריכוזי מתכות כבדות בסדימנט ושל אוכלוסיות החי בתוך המצע ב-10 נקודות ניטור מצפון ומדרום למזח הפחם. לאור תוצאות הניטור הרב-שנתי הוחלט על צמצום מתכונת הניטור החל משנת 2020 - בדיקת תכולת הפחם בסדימנט בנקודה קרובה למזח הפחם ורק במקרה שתכולת הפחם תעלה על 10%, בדיקת תכולת הפחם בסדימנט עפ"י תכנית הדיגום הקודמת.

<sup>1</sup> נספח א כולל אישורים של המשרד להגנת הסביבה לשינויים בתכנית הניטור מאז 2017. פירוט של התכנית, גרסאות קודמות ועדכונים של התכנית עד לשנת 2016 מוצגים בנספח ט' של דוח הניטור לשנת 2016 (דוח חח"י 2017 – RELP – 2).

הניטור שבוצע בשנת 2021 כלל בדיקות של איכות מי הים, של מיקרואצות בגוף המים, של איכות הסדימנט ושל אוכלוסיות החי בתוך המצע.

## 1.2 הגורמים המנוטרים

### 1.2.1 תחנת הכח רוטנברג, חברת החשמל לישראל

באתר תחנת הכוח רוטנברג 4 יחידות ייצור חשמל. ליחידות 1 ו-2 תפוקה מרבית של 575 מגוואט/שעה כל אחת וליחידות 3 ו-4 תפוקה מרבית של 550 מגוואט/שעה כל אחת. יחידה 1 החלה לפעול בשנת 1991, יחידה 2 החלה לפעול בשנת 1990, יחידה 3 החלה לפעול בשנת 2001 ויחידה 4 החלה לפעול בשנת 2000. לכל יחידת ייצור שתי משאבות מי ים לקירור. ביחידות 1 ו-2 ספיקת מי הקירור 41,295 מ"ק/שעה לכל משאבה (סה"כ 82,590 מ"ק/שעה לכל יחידת ייצור) וביחידות 3 ו-4 הספיקה 36,900 מ"ק/שעה לכל משאבה (סה"כ 73,800 מ"ק/שעה לכל יחידת ייצור). בפעילות מלאה של כל יחידות הייצור וכל משאבות מי הקירור, ספיקת מי הקירור הכוללת של תחנת הכח היא 312,780 מ"ק/שעה. הפעלת יחידות הייצור, מספר המשאבות הפועלות בכל יחידה ותפוקת החשמל של כל יחידה, עד לערכים המרביים הנ"ל, משתנים בהתאם לצרכי אספקת החשמל הכוללת ע"י התחנה. שינויים בתפוקת החשמל של יחידות הייצור משפיעים על טמפרטורת מי הקירור המוזרמים לים. לתעלות המוצא של מי הקירור מוחדרים שפכים תעשייתיים מטופלים בספיקה כוללת של כ- 53,000 מ"ק לשנה (ממוצע של השנתיים האחרונות). בשנים 2008-2013 הוזרמו דרך תעלות המוצא של יחידות 1 ו-4 גם תמלחות (מי רכז ממגדלי קירור) מתחנת הכח "גזר".

פעולות הבניה הימית הנלוות לתחנת הכח הן:

- ייבוש שטח ים מדרום לבריכת ההשקטה של מי הקירור הקיימת באמצעות חול וקירות מגן מאבן טבעית. בוצע בשנים 1995/6 בהיקף של כ- 40 דונם.
- בנית 4 מוצאים ימיים למי הקירור על קו החוף מדרום לבריכת הקירור הקיימת באמצעות תעלות בטון ושיפועי אבן טבעית.
- שינוי בריכת מי הקירור לשם בנית רציף עגינה לגוררות בתוך הבריכה אשר כלל פתיחת 80 מטר משובר הגלים המשותף לקצא"א ולחח"י, וסגירת פתח מעגן קצא"א שבמקומו נבנה רציף הגוררות.
- הקמת מזח פחם באורך 2,160 מטר מדרום לבריכת מי הקירור, בנוי על 206 כלונסאות פלדה בקוטר של 48-72 אינץ'. פריקת הפחם במזח התחילה בספטמבר 2000. בשנים 2001-2021 נפרקו 2.7-6.8 מיליון טון פחם בשנה (סה"כ 107.7 מיליון טון מתחילת הפעילות). בשנת 2021 נפרקו 3.0 מיליון טון. בספטמבר 2017 החל שיפוץ של המזח אשר כולל הסרה של הצבע הישן בשיטת ניקוי חול (כולל שימוש בגרגרי J-Blast המכילים תחמוצת ברזל), תיקוני ברזל לפי הצורך וצביעה מחודשת של המזח, כולל הכלונסאות, עד גובה פני הים. כל פעולות השיפוץ, אשר נמשכו גם בשנת 2021, מתבצעות בהתאם להיתר הזרמה לים ומוגש דיווח רבעוני למשרד להגנת הסביבה. עפ"י הוראות ההיתר, לפחות 50% מחומרי השחיקה והצבע הישן נאספים ומפונים לאתר מורשה.

בשנת 2021 פעלו בכל יחידות הייצור של תחנת הכח סולקנים (מתקני FGD) להפחתת הפליטות לאוויר של גפרית דו-חמצנית. השפכים של מתקני FGD מטופלים לפני ההזרמה לים במתקן שהוקם במסגרת הקמת יחידות 3 ו-4.

ההזרמה לים מתחנת הכח בשנת 2021 ובתקופות הדיגום בים מפורטת בנספח ב'. נתונים למועדי הניטור מוצגים גם בסעיף 2.3.1 להלן.

### **1.2.2 מתקן התפלה אשקלון, חברת וי.אי.די**

מתקן התפלה אשקלון של חברת וי.אי.די, הממוקם בסמוך לתחנת הכח רוטנברג, מייצר כ- 120 מיליון מ"ק/שנה מים מותפלים בטכנולוגיה של אוסמוזה הפוכה (RO). המתקן שואב מי ים במרחק של כ- 1,100 מטרים מהחוף ומזרים לים מי רכז הכוללים תמלחת התפלה וזרמים תהליכיים (מי שטיפות של מסנני חול וראקטורי אבן גיר). מי הרכז מוזרמים לים בסמוך למוצא מי הקירור של יחידות 1 ו- 4 של תחנת הכח ונמהלים במהירות עם מי הקירור מכל היחידות של התחנה (תמונה 1.1). הרצת המתקן החלה באפריל 2005 ומנובמבר 2005 המתקן פועל בתפוקה מלאה.

תמלחת ההתפלה המוזרמת לים מכילה את המלחים שמקורם במי הים (מי הגלם) בריכוז גבוה עד פי 1.9 מריכוזם במי הגלם. בנוסף, התמלחת מכילה פוספונט (תרכובת זרחן אורגני) שמקורו בתוסף של תהליך ההתפלה (אנטיסקלנט) שמטרתו מניעת שקיעה של אבנית על ממברנות ההתפלה. מי השטיפות של מסנני החול של מתקן ההתפלה, אשר מוזרמים לים עם מי הרכז, מכילים חומר חלקיקי (אורגני ואי אורגני) שמקורו במי הים הנשאבים למתקן וחלקיקים/קולואידים של ברזל-הידרוקסיד ( $\text{Fe(OH)}_3$ ) שמקורם בתוסף עזר לסינון מי הים (קואגולנט של ברזל-גפרתי ו/או ברזל-כלוריד). לחלקיקי הברזל-הידרוקסיד צבע אדום/כתום הנותן גוון למי השטיפות. שטיפת המסננים היא מנתית. עד מרץ 2010, בעת ביצוע שטיפות, מי השטיפות הקנו גוון למי הרכז וכתוצאה מכך נגרם כתם צבע בים. החל ממרץ 2010 מופעל במתקן ההתפלה מיכל איזון אשר קולט את מרבית מי השטיפות המנתיות של המסננים ומזרים אותם אל מי הרכז בקצב כמעט קבוע. מאז הפעלת המיכל לא נראה כתם צבע בים. בשנת 2021 יוצרו כ- 104 מלמ"ק מים מותפלים והוזרמו לים כ- 145 מלמ"ק של מי רכז (תמלחת התפלה ומי שטיפות). ההזרמה לים ממתקן ההתפלה בשנת 2021 ובתקופות הדיגום בים מפורטת בנספח ב'. בנספח מוצגות גם כמויות הברזל והזרחן שהוזרמו לים ממתקן ההתפלה בשנים 2012-2021. נתונים למועדי הניטור מוצגים גם בסעיף 2.3.2 להלן.

### **1.2.3 מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים, חברת מקורות**

חברת מקורות מפעילה מערכת להתפלת מים מליחים מקידוחים באזור אשקלון אשר כוללת שלושה מתקני התפלה: גרנות, גת ולהט (ע"ש ציון כהן). מתקן התפלה גרנות הופעל בשנת 2004 עם יחידה 1, בשנת 2011 הוספה יחידה 2, בשנת 2014 הוספה יחידה 3 ובשנת 2018 הוספה יחידה 4. כיום ספיקת מי הרכז ממתקן גרנות כ- 350 מק"ש. מתקן ההתפלה גת הופעל בשנת 2004, ספיקת מי הרכז כ- 30 מק"ש. מתקן ההתפלה להט הופעל בשנת 2011 עם שתי יחידות התפלה ובשנת 2015 הוספו שתי יחידות התפלה. כיום ספיקת הרכז ממתקן להט כ- 370 מק"ש. סה"כ ספיקת מי הרכז של שלושת המתקנים היא כ- 750 מק"ש. במתקני ההתפלה גרנות ולהט קיימות מערכות לטיפול במי הרכז על ידי הוספת חומצת מלח בריכוז 33%. מי הרכז של שלושת המתקנים מוזרמים אל תוך מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון המוזרמים לים. קו מי הרכז, באורך כולל של 29.3 ק"מ, יוצא ממתקן ההתפלה גרנות. בצומת משען מתחבר אליו קו מי הרכז ממתקן ההתפלה גת ומי הרכז ממתקן ההתפלה להט מתחברים לקו בהמשך.

ההזרמה לים ממתקני ההתפלה של מקורות בשנת 2021 ובתקופות הדיגום בים מפורטת בנספח ב'. נתונים למועדי הניטור מוצגים גם בסעיף 2.3.3 להלן.

#### **1.2.4 תחנת הכוח דוראד אנרגיה**

באתר תחנת הכוח דוראד יש 2 בלוקים של יצור חשמל. בכל בלוק 6 טורבינות גז וטורבינת קיטור אחת הבנויות כמחזור משולב. התחנה החלה לפעול במאי 2014 ועובדת לפי תעו"ז. באתר יש מגדל קירור הפועל בשיטה של זרימת אויר מאולצת בזרימה מנוגדת של אויר ומי ים. מגדל הקירור מספק מי קירור לעיבוי הקיטור בשני הבלוקים וכן לקירור מערכות העזר. ספיקת מי המילוי למגדל היא כ- 2,000 מ"ק/ש. לבריכת מגדל הקירור מוזרמים מי רכז של מתקן אוסמוזה הפוכה ושפכים תעשייתיים מטופלים בספיקה כוללת של כ-120,000 מ"ק לשנה. קו הניקוז יוצא ממגדל הקירור ומזרים את מי הקירור, מי הרכז והשפכים המטופלים סמוך למוצא של יחידות 1 ו-4 של תחנת הכוח רוטנברג, ולכן מתקיים מיהול יעיל ומהיר של מי הקירור של דוראד עם מי הקירור של תחנת הכוח רוטנברג. ההזרמה לים מתחנת הכוח של דוראד בשנת 2021 ובתקופות הדיגום בים מפורטת בנספח ב'. נתונים למועדי הניטור מוצגים גם בסעיף 2.3.4 להלן.

#### **1.2.5 מפעל אינטל אלקטרוניקה (קרית גת)**

מפעל אינטל אלקטרוניקה בקרית גת מייצר מעגלים משולבים (שבבים) על גבי פרוסות סיליקון. המפעל מזרים לים תמלחת באמצעות צינור באורך 32 ק"מ אשר מתחבר למוצא הימי של תחנת הכוח דוראד. התמלחת מורכבת מהזרמים שלהלן: רכז תמלחת מייצור מים מותפלים אולטרה-מטוהרים (Ultra Pure Water) ממי רשת בשיטת RO לצרכי ייצור המוליכים למחצה; נקז מגדלי קירור; רכז קולחי ממברנות RO במוצא מתקן הטיפול הביולוגי בשפכים התעשייתיים (MBR); תמלחת תעשייתית מנוטרלת המכילה סולפאט ותמלחת רענון שרפים בתהליך התפלת מי הרשת. בשנת 2021 הוזרמו לים 1.586 מלמ"ק של תמלחת. ההזרמה לים בשנת 2021 ובתקופות הדיגום בים מפורטת בנספח ב'. נתונים למועדי הניטור מוצגים גם בסעיף 2.3.4 להלן.

מיקום המוצאים הימיים של הגורמים המנוטרים מוצג בתמונה 1.1.

**תמונה 1.1:** תמונת Google Earth של מוצאי מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג, מוצא מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון ורכז התפלת מים מליחים מקידוחים של מקורות, מוצא מי הקירור של תחנת הכח דוראד ותמלחות מפעל אינטל אלקטרוניקה.



## 2. ניטור הזרמות מים חמים, מי רכז התפלה ותמלחות תעשייתיות

### 2.1 העבודה בים

#### 2.1.1 מועדי הניטור והתנאים הסביבתיים

הניטור בוצע בחורף, באביב, בקיץ ובסתיו 2021, במועדים המפורטים בטבלה 2.1. כמפורט בתכנית הניטור (נספח א), הניטור בחורף ובקיץ והבדיקות של מיקרואצות במי הים (באביב ובסתיו) נועדו לבחינת השפעות סביבתיות פוטנציאליות של ההזרמה לים של מי הרכז של מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של חברת "מקורות".

התנאים הסביבתיים במועדי הניטור היו כמפורט בטבלה 2.1. נתוני הגלים והזרמים נמדדו ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל" (חיא"ל) בקצה מזרח הפחם של תחנת הכח רוטנברג. נתוני הזרמים בטבלה הם מעומק 6 מ'. גובה הגלים הוא גובה גל משמעותי. נתוני הרוח הם מתחנת השירות המטאורולוגי בנמל אשקלון. הנתונים המספריים והכיוונים מוצגים כטווח (לדוגמא: 3.5-4.6 מ"שנייה, מע' - צ'-צ'-מע') או כמגמה של שינוי במהלך העבודה (לדוגמא: 64-25 ס"מ, מע'—דר'-מע'). עפ"י ניתוחים סטטיסטיים של נתונים רב-שנתיים של רוחות, גלים וזרמים לאזור הניטור, התנאים הסביבתיים אשר שררו במועדי הניטור הם תנאי ים שקט אשר מייצגים את המצב ההידרוגרפי השכיח באזור. במהלך השנה הרוחות באזור אשקלון איטיות מ-8 מ"שנייה במשך כ-95% מהזמן ומ-5.5 מ"שנייה במשך 77% מהזמן (גפן גלור, 2013); מהירות הרוח הגבוהה ביותר במועדי הניטור הייתה 6.7 מ"שנייה. הגלים באזור הניטור הם בגובה של עד 1 מ' במשך 75.5% מהזמן ובגובה של עד 1.5 מ' במשך 89% מהזמן (Sladkevich et al, ).

2013; גובה הגל הגבוה ביותר שנמדד במועדי הניטור היה 0.82 מ'. להערכת CAMERI, במשך 90% מהזמן מהירות הזרמים באזור הניטור אינה עולה על 35 ס"מ/שניה בסמוך לפני הים (Levin et al, 2013; מהירות הזרם המקסימלית שנמדדה במועדי הניטור בשנת 2021 בקצה מזח הפחם באשקלון בעומק 6 מ' מ' הייתה 28 ס"מ/שניה).

### 2.1.2 נקודות הדיגום

נקודות הדיגום של הניטור מוצגות בטבלה 2.2 ובאיורים 2.1 א, ב. המיקום של נקודות הדיגום מיוחס למרחק מהמוצאים הסמוכים של מי הקירור של יחידות 1 ו-4 של תחנת הכח רוטנברג, של מי הקירור של תחנת הכח של דוראד (כולל התמלחת של מפעל אינטל) ושל מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון (כולל מי הרכז של מתקני התפלת מים מלוחים מקידוחים) (להלן - מוצאי מי הקירור ומי הרכז). תבנית הדיגום כללה שני סוגים של נקודות:

(1) נקודות למדידה *in situ*, באמצעות CTD, של התפוצה המרחבית של טמפרטורה ומליחות (איור 2.1 א). בנקודות אלו בוצעו מדידות של טמפרטורה ומליחות בפני המים (עומק 0.5 מ'), בעומק 2 מ' ובסמוך לקרקעית. הגבול הצפוני והגבול המערבי של אזור המדידה נקבעו לפי תוצאות המדידות בשטח, על מנת לתחום את האזור בו המליחות והטמפרטורה גבוהים מערכי הרקע. בניטור האביב היו 65 נקודות אשר כיסו שטח של עד כ- 2.5 ק"מ מדרום למוצאי מי הקירור ומי הרכז, עד כ- 3 ק"מ מערבית למוצאים ועד כ- 2 ק"מ צפונית לבריכת מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג. בניטור הסתיו היו 67 נקודות אשר כיסו שטח דומה בדרום ובצפון ועד כ- 4 ק"מ ממערב למוצאי מי הקירור ומי הרכז.

(2) 17 נקודות מתוך הנקודות הנ"ל, אשר מסומנות בקידומת RUT (להלן - נקודות RUT) (איור 2.1 ב), שבהן בוצעו בדיגום נפרד פרופילי עומק של טמפרטורה ומליחות ודיגום מים לבדיקות כימיות במעבדה; מי הים נדגמו בכל הנקודות בפני המים (עומק 0.5 מ') ובנקודות שעומקן יותר מ- 4 מ' גם כחצי מטר מעל הקרקעית; בזמן הדיגום של מי הים נבדקו באמצעות CTD גם טמפרטורה, מליחות, חמצן מומס ועכירות. נקודות RUT10 ו-RUT14 מול חוף זיקים נקבעו כנקודות בקרה לבדיקות בנקודות הסמוכות למוצאי מי הקירור של תחנות הכוח ומי הרכז של מתקני ההתפלה. נקודה RUT17 ממוקמת בסמוך לראשי היניקה של מתקן התפלה אשקלון. ב- 13 מנקודות RUT בוצע דיגום בצלילה של הסדימנט לבדיקות גרנולומטריה והחי בתוך המצע. ב- 9 מנקודות RUT בוצע דיגום בצלילה של גלעיני סדימנט לבדיקת מתכות כבדות ופחמן אורגני. בדיגומי האביב והסתיו נדגמו גם מים לבדיקת מיקרואצות בשלוש נקודות (RUT3, RUT9 ו-RUT17). בניטור החורף לא נדגמו נקודות RUT4N ו-RUT14 בשל מגבלות ביטחוניות; בניטור הקיץ לא נדגמה נקודה RUT1 בגלל גלים גבוהים.

טבלה 2.1: מועדי הניטור והתנאים הסביבתיים, 2021.

| בדיקה/דיגום                                                                                               |       | חורף                     |                  | אביב                     |                                      | קיץ                               |                                   | סתיו            |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--|
| דיגום סדימנט – חי תוך המצע, גרנולומטריה, מתכות כבדות ופחמן אורגני                                         |       | תאריך                    |                  | 26.5.21                  |                                      | 1.11.21                           |                                   |                 |  |
| שעות הדיגום                                                                                               |       |                          |                  | 12:30 – 09:00            |                                      | 12:30 – 09:00                     |                                   | 12:30 – 09:00   |  |
| תאריך                                                                                                     |       |                          |                  | 21.6.21                  |                                      | 15.11.21                          |                                   | 15.11.21        |  |
| שעות הדיגום                                                                                               |       |                          |                  | 12:15 – 07:45            |                                      | 11:45 – 07:05                     |                                   | 11:45 – 07:05   |  |
| מדידות CTD - מיפוי התפוצה המרחבית של טמפרטורה ומליחות                                                     | גלים  | נתונים בלילה שקדם לדיגום | גובה (ס"מ)       | 44 – 34                  | מע' – צי-מע' – צי-מע'                | 72 ← 101                          | צי – צי-מע'                       | 0.9 ← 3.3 ← 2.2 |  |
|                                                                                                           |       |                          | כיוון            |                          |                                      |                                   |                                   |                 |  |
|                                                                                                           |       |                          | מהירות (מ"שניה)  |                          |                                      |                                   |                                   |                 |  |
|                                                                                                           |       | זרמים                    | כיוון            | די-מז' ← די-די-מע'       | מז' – צי-מז' ← צי-צי-מז'             | מז' – צי-מז' ← צי-צי-מז'          | מז' – צי-מז' ← צי-צי-מז'          | 9 ← 13          |  |
|                                                                                                           |       |                          | עוצמה (ס"מ/שניה) | 24 – 20                  | צי-צי-מז'                            | די-מע' – די-די-מע'                | די-מע' – די-די-מע'                | 9 ← 13          |  |
|                                                                                                           |       |                          | כיוון            |                          |                                      |                                   |                                   |                 |  |
|                                                                                                           | גלים  | נתונים בשעות הדיגום      | גובה (ס"מ)       | 39 – 35                  | צי-מע' ← מע' – צי-מע'                | 62 – 75                           | צי                                | 3.8 ← 0.3       |  |
|                                                                                                           |       |                          | כיוון            |                          |                                      |                                   |                                   |                 |  |
|                                                                                                           |       |                          | מהירות (מ"שניה)  | 4.2 ← 1.5                | מע' – מע' – צי-מע'                   | מז' – די-מז' ← מע' ← מע' – צי-מע' | מז' – די-מז' ← מע' ← מע' – צי-מע' | 12 ← 9          |  |
|                                                                                                           |       | זרמים                    | כיוון            | 22 – 19                  | צי-צי-מז'                            | די-מע' – די-די-מע'                | די-מע' – די-די-מע'                | 12 ← 9          |  |
|                                                                                                           |       |                          | עוצמה (ס"מ/שניה) |                          |                                      |                                   |                                   |                 |  |
|                                                                                                           |       |                          | כיוון            |                          |                                      |                                   |                                   |                 |  |
| תאריך                                                                                                     |       |                          |                  | 13.6.21                  |                                      | 15.8.21                           |                                   | 14.11.21        |  |
| שעות הדיגום                                                                                               |       |                          |                  | 9:00 – 8:00              |                                      | 11:00 – 08:35                     |                                   | 12:00 – 08:55   |  |
| דיגום מיקרואצות (אביב)                                                                                    | רוחות | נתונים בלילה שקדם לדיגום | מהירות (מ"שניה)  | 2.5 ← 9.2                | צי ← מז' – צי-מז' ← צי               | 70 – 54                           | צי ← צי-מע'                       | 114 – 89        |  |
|                                                                                                           |       |                          | כיוון            |                          |                                      |                                   |                                   |                 |  |
|                                                                                                           | רוחות | נתונים בשעות הדיגום      | מהירות (מ"שניה)  | 5.3 ← 3.4                | צי-צי-מז' – צי                       | 54 – 71                           | צי – צי-מע'                       | 82 – 78         |  |
|                                                                                                           |       |                          | כיוון            |                          |                                      |                                   |                                   |                 |  |
| תאריך                                                                                                     |       | 2.2.2021                 |                  | 23.6.21                  |                                      | 15.8.21                           |                                   | 14.11.21        |  |
| שעות הדיגום                                                                                               |       | 12:10 – 9:30             |                  | 11:45 – 08:40            |                                      | 11:00 – 08:35                     |                                   | 12:00 – 08:55   |  |
| דיגום מי ים לבדיקות מעבדה, מדידות חמצן מומס, עכירות ופרופילים של מליחות וטמפרטורה; דיגום מיקרואצות (סתיו) | גלים  | נתונים בלילה שקדם לדיגום | גובה (ס"מ)       | 38-53                    | מע' – צי                             | 70 – 54                           | צי ← צי-מע'                       | 114 – 89        |  |
|                                                                                                           |       |                          | כיוון            | מע' – צי                 | מע' – מע' – צי-מע'                   | מע' – מע' – צי-מע'                | מע' – מע' – צי-מע'                |                 |  |
|                                                                                                           |       |                          | מהירות (מ"שניה)  | 2.6 – 0                  | צי-מע' ← די-מז' ← מע' ← מע' – צי-מע' | די-מז' ← די-די-מע' ← די-מז'       | די – צי-צי-מז'                    |                 |  |
|                                                                                                           |       | זרמים                    | כיוון            | מז' ← די-די-מע' ← די-מז' | מז' ← די-די-מע' ← די-מז'             | מז' ← די-די-מע' ← די-מז'          | מז' ← די-די-מע' ← די-מז'          |                 |  |
|                                                                                                           |       |                          | עוצמה (ס"מ/שניה) | 22 ← 3                   | צי-מע' ← די ← די-די-מע'              | צי – צי-מע'                       | די-מע' – די-די-מע'                |                 |  |
|                                                                                                           |       |                          | כיוון            | 53 – 48                  | צי-מע' ← די ← די-די-מע'              | צי – צי-מע'                       | די-מע' – די-די-מע'                |                 |  |
|                                                                                                           | גלים  | נתונים בשעות הדיגום      | גובה (ס"מ)       | 53 – 48                  | צי-צי-מז' ← צי                       | 54 – 71                           | צי – צי-מע'                       | 82 – 78         |  |
|                                                                                                           |       |                          | כיוון            | 1.3 ← 0                  | מע' – מע' – צי-מע'                   | מע' – מע' – צי-מע'                | צי – צי-מע'                       |                 |  |
|                                                                                                           |       |                          | מהירות (מ"שניה)  | 1.3 ← 0                  | מע' – מע' – צי-מע'                   | מע' – מע' – צי-מע'                | צי – צי-מע'                       |                 |  |
|                                                                                                           |       | זרמים                    | כיוון            | די-מע' ← מע' – צי-מע'    | מע' ← מע' – צי-מע'                   | די-מע' ← מע' – צי-מע'             | מז' – צי-מז' ← צי-צי-מז'          |                 |  |
|                                                                                                           |       |                          | עוצמה (ס"מ/שניה) | 28 ← 26                  | 15 – 14                              | 8 ← 10                            | 12 – 5                            |                 |  |
|                                                                                                           |       |                          |                  |                          |                                      |                                   |                                   |                 |  |

טבלה 2.2: נקודות הדיגום של ניטור הזרמות מים חמים, מי רכז התפלה ותמלחות תעשייתיות – מיקום וסוג הבדיקות.

א. נקודות למדידות CTD בלבד (מיפוי התפוצה המרחבית של טמפרטורה ומליחות)

שחור – ניטור אביב וסתיו ; כחול – רק ניטור סתיו

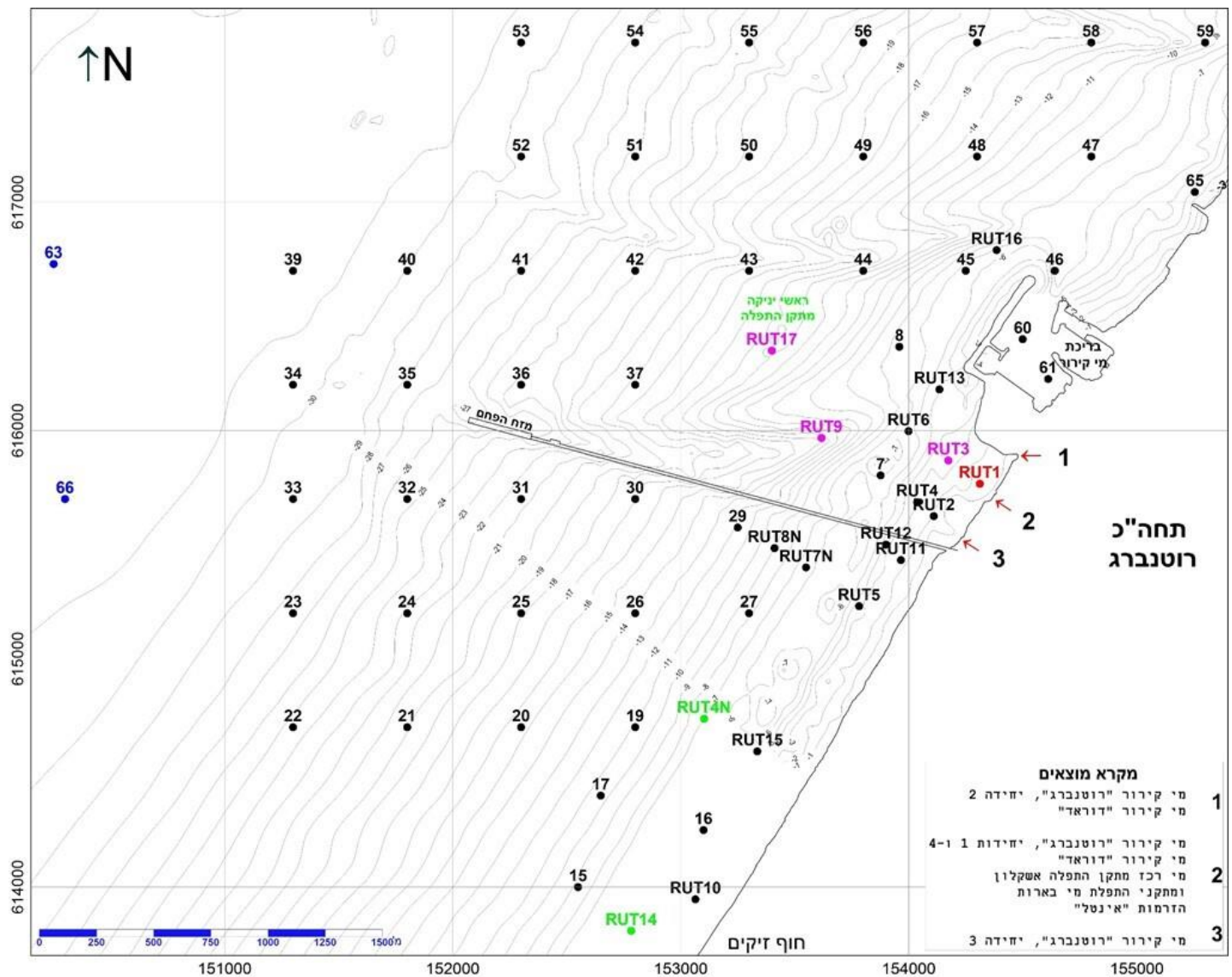
| נקודת דיגום | רשת עולמית  |             | רשת ישראל |        | עומק (מ') | מרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכוז (ק"מ) | כיוון מהמוצא |
|-------------|-------------|-------------|-----------|--------|-----------|---------------------------------------|--------------|
|             | lat. N      | long. E     | E         | N      |           |                                       |              |
| 7           | 31°37.969'N | 34°30.795'E | 153877    | 615803 | 5.5       | 0.49                                  | W            |
| 8           | 31°38.274'N | 34°30.845'E | 153959    | 616367 | 9         | 0.76                                  | NNW          |
| 15          | 31°36.989'N | 34°29.963'E | 152550    | 614000 | 8.8       | 2.51                                  | SW           |
| 16          | 31°37.126'N | 34°30.310'E | 153100    | 614250 | 4.5       | 1.93                                  | SW           |
| 17          | 31°37.205'N | 34°30.025'E | 152650    | 614400 | 10.5      | 2.15                                  | SW           |
| 19          | 31°37.368'N | 34°30.119'E | 152800    | 614700 | 11        | 1.88                                  | SW           |
| 20          | 31°37.366'N | 34°29.802'E | 152300    | 614700 | 15.5      | 2.29                                  | WSW          |
| 21          | 31°37.365'N | 34°29.486'E | 151800    | 614700 | 20        | 2.75                                  | WSW          |
| 22          | 31°37.363'N | 34°29.170'E | 151300    | 614700 | 24.7      | 3.22                                  | WSW          |
| 23          | 31°37.633'N | 34°29.168'E | 151300    | 615200 | 27.5      | 3.1                                   | W            |
| 24          | 31°37.635'N | 34°29.484'E | 151800    | 615200 | 23        | 2.61                                  | WSW          |
| 25          | 31°37.637'N | 34°29.800'E | 152300    | 615200 | 18        | 2.12                                  | WSW          |
| 26          | 31°37.639'N | 34°30.117'E | 152800    | 615200 | 14        | 1.64                                  | WSW          |
| 27          | 31°37.640'N | 34°30.433'E | 153300    | 615200 | 8.8       | 1.17                                  | WSW          |
| 29          | 31°37.843'N | 34°30.400'E | 153250    | 615575 | 12        | 1.12                                  | W            |
| 30          | 31°37.909'N | 34°30.115'E | 152800    | 615700 | 17        | 1.56                                  | W            |
| 31          | 31°37.907'N | 34°29.798'E | 152300    | 615700 | 21.5      | 2.06                                  | W            |
| 32          | 31°37.906'N | 34°29.482'E | 151800    | 615700 | 25        | 2.55                                  | W            |
| 33          | 31°37.904'N | 34°29.166'E | 151300    | 615700 | 29.5      | 3.05                                  | W            |
| 34          | 31°38.174'N | 34°29.164'E | 151300    | 616200 | 30.5      | 3.09                                  | W            |
| 35          | 31°38.176'N | 34°29.480'E | 151800    | 616200 | 28        | 2.6                                   | W            |
| 36          | 31°38.178'N | 34°29.796'E | 152300    | 616200 | 24        | 2.12                                  | WNW          |
| 37          | 31°38.180'N | 34°30.113'E | 152800    | 616200 | 20        | 1.63                                  | WNW          |
| 39          | 31°38.445'N | 34°29.162'E | 151300    | 616700 | 32        | 3.21                                  | WNW          |
| 40          | 31°38.447'N | 34°29.478'E | 151800    | 616700 | 29.7      | 2.74                                  | WNW          |
| 41          | 31°38.449'N | 34°29.794'E | 152300    | 616700 | 26.5      | 2.28                                  | WNW          |
| 42          | 31°38.450'N | 34°30.110'E | 152800    | 616700 | 23        | 1.84                                  | WNW          |
| 43          | 31°38.452'N | 34°30.427'E | 153300    | 616700 | 20        | 1.45                                  | NW           |
| 44          | 31°38.454'N | 34°30.743'E | 153800    | 616700 | 15        | 1.13                                  | NNW          |
| 45          | 31°38.455'N | 34°31.028'E | 154250    | 616700 | 9.5       | 0.99                                  | N            |
| 46          | 31°38.457'N | 34°31.274'E | 154640    | 616700 | 7         | 1.04                                  | NNE          |
| 47          | 31°38.728'N | 34°31.373'E | 154800    | 617200 | 8.5       | 1.54                                  | NNE          |
| 48          | 31°38.726'N | 34°31.057'E | 154300    | 617200 | 13        | 1.49                                  | N            |
| 49          | 31°38.724'N | 34°30.741'E | 153800    | 617200 | 17        | 1.59                                  | NNW          |
| 50          | 31°38.723'N | 34°30.425'E | 153300    | 617200 | 21.5      | 1.82                                  | NW           |
| 51          | 31°38.721'N | 34°30.108'E | 152800    | 617200 | 26        | 2.15                                  | NW           |
| 52          | 31°38.719'N | 34°29.792'E | 152300    | 617200 | 29        | 2.56                                  | NW           |
| 53          | 31°38.990'N | 34°29.790'E | 152300    | 617700 | 30.5      | 2.86                                  | NW           |
| 54          | 31°38.991'N | 34°30.106'E | 152800    | 617700 | 27.5      | 2.53                                  | NW           |
| 55          | 31°38.993'N | 34°30.423'E | 153300    | 617700 | 24        | 2.25                                  | NNW          |
| 56          | 31°38.995'N | 34°30.739'E | 153800    | 617700 | 20        | 2.06                                  | NNW          |
| 57          | 31°38.997'N | 34°31.055'E | 154300    | 617700 | 17        | 1.99                                  | N            |
| 58          | 31°38.998'N | 34°31.371'E | 154800    | 617700 | 12        | 2.03                                  | N            |
| 59          | 31°39.000'N | 34°31.688'E | 155300    | 617700 | 7.5       | 2.19                                  | NNE          |
| 60          | 31°38.294'N | 34°31.187'E | 154500    | 616400 | 6         | 0.69                                  | N            |
| 61          | 31°38.200'N | 34°31.258'E | 154611    | 616226 | 4.5       | 0.56                                  | NNE          |
| 63          | 31°38.457'N | 34°28.498'N | 150250    | 616730 | 31.5      | 4.25                                  | WNW          |
| 65          | 31°38.645'N | 34°31.662'E | 155255    | 617045 | 3.5       | 1.6                                   | NNE          |
| 66          | 31°37.900'N | 34°28.534'N | 150300    | 615700 | 31        | 4.1                                   | W            |

ב. נקודות RUT

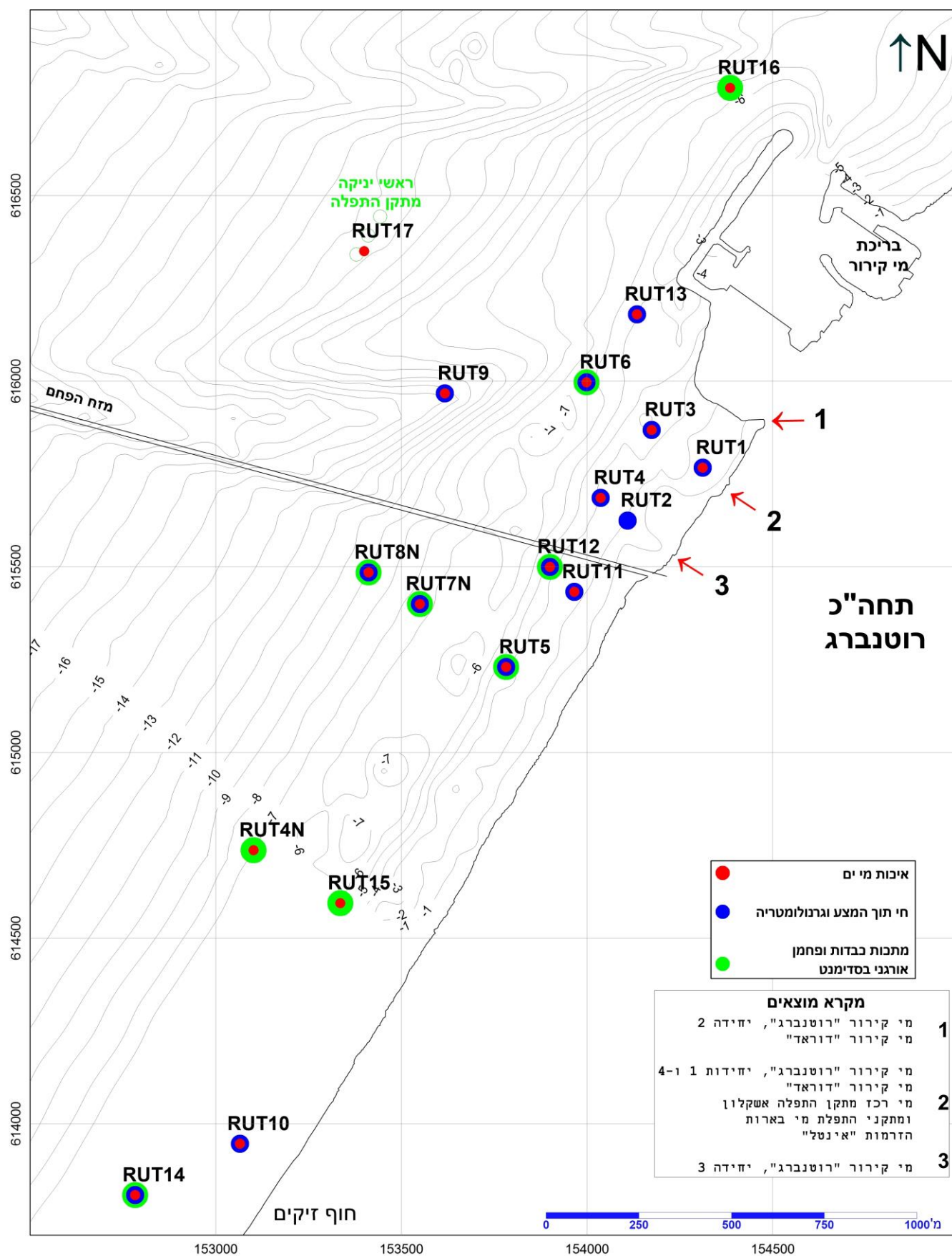
| נקודת דיגום | רשת עולמית |            | רשת ישראל |        | עומק (מ') | מרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכז (ק"מ) | כיוון ממוצאי מי הקירור ומי הרכז | בדיקות                                                                                   |
|-------------|------------|------------|-----------|--------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | lat. N     | long. E    | E         | N      |           |                                      |                                 |                                                                                          |
| RUT1        | 31°37.951' | 34°31.070' | 154312    | 615767 | 1         | 0.08                                 | NNW                             | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה                             |
| RUT2        | 31°37.873' | 34°30.943' | 154110    | 615625 | 1.9       | 0.28                                 | WSW                             | החי בתוך המצע וגרנולומטריה                                                               |
| RUT3        | 31°38.005' | 34°30.983' | 154174    | 615869 | 3         | 0.25                                 | WNW                             | איכות מי הים ; מיקרואצות ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה                                    |
| RUT4        | 31°37.906' | 34°30.897' | 154037    | 615686 | 3         | 0.35                                 | W                               | איכות מי הים ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה                                                |
| RUT4N       | 31°37.389' | 34°30.309' | 153102    | 614737 | 7         | 1.61                                 | SW                              | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות ו-TOC בסדימנט                              |
| RUT5        | 31°37.658' | 34°30.737' | 153782    | 615230 | 3.5       | 0.77                                 | SSW                             | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות ו-TOC בסדימנט ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה |
| RUT6        | 31°38.074' | 34°30.872' | 153999    | 615997 | 6.5       | 0.47                                 | NW                              | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות ו-TOC בסדימנט ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה |
| RUT7N       | 31°37.749' | 34°30.590' | 153550    | 615400 | 6.1       | 0.89                                 | WSW                             | איכות מי הים ; מתכות כבדות ו-TOC בסדימנט ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה                    |
| RUT8N       | 31°37.795' | 34°30.502' | 153412    | 615485 | 8.8       | 1                                    | WSW                             | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות ו-TOC בסדימנט ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה |
| RUT9        | 31°38.057' | 34°30.630' | 153617    | 615967 | 14        | 0.8                                  | W                               | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מיקרואצות                                              |
| *RUT10      | 31°36.961' | 34°30.289' | 153065    | 613946 | 3         | 2.20                                 | SSW                             | איכות מי הים ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה                                                |
| RUT11       | 31°37.769' | 34°30.853' | 153966    | 615433 | 2.5       | 0.5                                  | SW                              | איכות מי הים ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה                                                |
| RUT12       | 31°37.805' | 34°30.811' | 153900    | 615500 | 3         | 0.53                                 | SW                              | איכות מי הים ; מתכות כבדות ו-TOC בסדימנט ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה                    |
| RUT13       | 31°38.174' | 34°30.957' | 154135    | 616180 | 4.5       | 0.52                                 | NNW                             | איכות מי הים ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה                                                |
| RUT14       | 31°36.885' | 34°30.111' | 152783    | 613808 | 6         | 2.49                                 | SW                              | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות ו-TOC בסדימנט ; החי בתוך המצע וגרנולומטריה |
| RUT15       | 31°37.313' | 34°30.458' | 153336    | 614594 | 5.5       | 1.535                                | SW                              | מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות ו-TOC בסדימנט                                             |
| RUT16       | 31°38.504' | 34°31.113' | 154385    | 614772 | 6.8       | 1.055                                | N                               | מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות ו-TOC בסדימנט                                             |
| RUT17       | 31°38.263' | 34°30.491' | 153400    | 616350 | 15        | 1.16                                 | NNW                             | איכות מי הים ; מיקרואצות                                                                 |

\* הנקודה הוזהר כ-300 מ' צפונה מהמיקום המקורי, מאחר שהייתה בתוך תחום חוף רחצה מוכרז. המיקום החדש מחוץ לתחום חוף הרחצה, בעומק ומרחק מהחוף דומים לנקודה המקורית.

איור 2.1 א: מפת נקודות הדיגום של ניטור הזרמות מים חמים, מי רכז התפלה ותמלחות תעשייתיות 2021. **ירוק** – לא בוצע בחורף; **אדום** – לא בוצע בקיץ; **כחול** – בוצע רק בניטור הסתיו; **ורוד** – דיגום מיקרואצות. בנקודות RUT בוצעו בדיקות כמפורט בטבלה 2.2 ב ואיור 2.1 ב.



**איור 2.1 ב: מפת נקודות RUT. נקודות הדיגום לבדיקות איכות מי הים, איכות הסדימנט והחי בתוך המצע.**



### 2.1.3 שיטות הדיגום והמידה

הדיגומים והמידות בים בוצעו על ידי חברת החשמל (חח"י). הגעה לכל נקודה התבצעה באמצעות סירה ניווט באמצעות מכשיר GPS מתוצרת Garmin, דגם Montana 650. הסטייה המירבית של הניווט: 5 מ'. מדידות CTD בוצעו במכשיר SBE19 plusV2 SeaCAT Profiler של חברת Sea-Bird Scientific. מי הים נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין בנפח 8 ליטר. דגימות לבדיקות השונות הועברו לבקבוקי פלסטיק או זכוכית, לפי העניין, ונשמרו בקירור עד המסירה לבדיקה במעבדה. דגימות לבדיקות הריכוזים הכלליים של מתכות במי-ים הועברו לבקבוקי LPDE עם חומצה חנקתית נקיה ביחס של 15 מ"ל ל-100 מ"ל. דגימות לבדיקות מיקרואצות נאספו במיכלים בנפח 5 ליטר מעומק של כחצי מטר.

דיגום הסדימנטים בוצע בצלילה. לבדיקה גרנולומטרית נאספו 7 ס"מ עליונים של הסדימנט למיכל בנפח של 100 סמ"ק (דוגמא אחת בכל נקודת דיגום). לבדיקות מתכות כבדות ופחמן אורגני נאספו גלעינים באורך 12 ס"מ (אחד בכל נקודת דיגום). תכולת המתכות הכבדות נבדקה ב-1 ס"מ העליון. תמונות הגלעינים מוצגות בנספח ג'.

לדיגום החי בתוך המצע נאספה שכבת סדימנט של 7 ס"מ עליונים באמצעות core בנפח 550 סמ"ק, הבנוי מצינור בקוטר 10 ס"מ, שבחלקו העליון רשת בגודל עין של 250 מיקרומטר (תמונה 2.1). בכל נקודת דיגום נדגמו 3 חזרות. הדגימות הועברו לשימור באלכוהול (99%) מיד עם הוצאתן מהמים.

### תמונה 2.1: core לדיגום החי בתוך המצע



### 2.2 העבודה במעבדה

פירוט הבדיקות, השיטות והגורמים המבצעים מוצג בטבלה 2.3.

#### 2.2.1 מי ים

הדגימות לבדיקת נוטריאנטים במי הים הוקפאו ונשמרו קפואות עד לבדיקה. נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט+ניטריט, חנקן כללי, זרחן כללי, חומצה סיליצית ואמוניום) נבדקו בשיטה פוטומטרית (אמוניום בשיטה פלואורימטרית) וזרימה מקוטעת (segmented flow), במכשיר AA-3 של Seal Analytical, בשיטה רגישה המותאמת במיוחד למי ים ובשיטות המומלצות על ידי החברה. דגימות

לבדיקת כלורופיל סוננו דרך פילטרים של GF/F והוקפאו עד לבדיקה. כלורופיל נמדד בשיטה פלואורימטרית (SM-10200H-3 עם שינויים קלים). דגימות המים לבדיקת פחמן אורגני כללי (TOC) הוחמצו ונשמרו בקירור עד לבדיקה שבוצעה בשיטת Super Critical Wet Oxidation (SCWO) במכשיר TOC analyzer מדגם Innovox של חברת Sievers. לבדיקת חלקיקים מרחפים (TSS), נפח מדוד של מים סונן דרך פילטר ניטרצולוז  $0.45\mu\text{m}$  שנשקל מראש. הפילטרים נשמרו בהקפאה עד לייבוש ונשקלו לאחר הייבוש. לקבלת משקל החומר המרחף, משקל הפילטר טרם הסינון הופחת ממשקלו עם החומר המסונן. הריכוזים הכלליים של המתכות במי הים (מומסות + ספוחות לחלקיקים) נמדדו באמצעות ICP-MS (דיוק השיטה נבדק באמצעות סטנדרט בינלאומי).

**טבלה 2.3: הפרמטרים שנבדקו, פירוט השיטות, גבולות הגילוי והכימות והגורם שביצע כל בדיקה.**

| תוֹךְ        | פרמטר                                          | יחידות                | שיטה/מכשיר                                                                                      | גבול גילוי של השיטה | גבול כימות של השיטה | מעבדה              |
|--------------|------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| מי ים        | טמפרטורה, מליחות, חמצן מומס, עכירות נוטריאנטים |                       | SeaBird CTD, SBE19 plusV2<br>SeaCAT Profiler                                                    |                     |                     | חח"י               |
| מי ים        | ניטראט + ניטריט                                | $\mu\text{M}$         | שיטה פוטומטרית במכשיר אוטואנלייזר<br>AA3 של SEAL Analytical<br>אמוניום נבדק עם גלאי פלואורסנציה | 0.08                | 0.19                | חיא"ל              |
|              |                                                | mg/L as N             |                                                                                                 | 0.0011              | 0.0027              |                    |
|              | אמוניום                                        | $\mu\text{M}$         |                                                                                                 | 0.09                | 0.22                |                    |
|              |                                                | mg/L as N             |                                                                                                 | 0.0013              | 0.0031              |                    |
|              | חנקן כללי                                      | $\mu\text{M}$         |                                                                                                 | 0.74                | 1.87                |                    |
|              |                                                | mg/L as N             |                                                                                                 | 0.0104              | 0.0262              |                    |
|              | פוספאט                                         | $\mu\text{M}$         |                                                                                                 | 0.009               | 0.022               |                    |
|              |                                                | mg/L as P             |                                                                                                 | 0.0003              | 0.0007              |                    |
|              | זרחן כללי                                      | $\mu\text{M}$         |                                                                                                 | 0.05                | 0.12                |                    |
|              |                                                | mg/L as P             |                                                                                                 | 0.0016              | 0.0038              |                    |
|              | חומצה סיליצית                                  | $\mu\text{M}$         |                                                                                                 | 0.05                | 0.12                |                    |
|              |                                                | $\mu\text{g/L as Si}$ |                                                                                                 | 0.0014              | 0.0034              |                    |
|              | כלורופיל                                       | $\mu\text{g/L}$       | SM-10200H-3 עם שינויים קלים                                                                     | 0.0009              | 0.001               | חיא"ל              |
|              | *TSS                                           | mg/L                  | סינון דרך פילטר 0.45 מיקרון ייבוש ושקילה (עבור סינון 4 ליטר דוגמא)                              | 0.53                | 0.89                |                    |
|              | *TOC                                           | ppm                   | שיטת SCWO במכשיר TOC analyzer                                                                   |                     | 0.05                | חיא"ל              |
|              | מתכות כבדות ***                                | $\mu\text{g/L}$       | ICPMS                                                                                           | 50-0.1<br>****      |                     | מכון גיאולוגי      |
|              | כלור                                           | mg/L                  | HACH                                                                                            | 0.02                |                     | חח"י               |
|              | מיקרואצות*                                     |                       | זיהוי וספירה במיקרוסקופ אפיפלורוסנטי                                                            |                     |                     | חיא"ל              |
|              | גרנולומטריה*                                   |                       |                                                                                                 |                     |                     | חח"י               |
| סדימנט       | **TOC                                          | % weight              | עיכול וטיטריציה פוטנציומטרית                                                                    | 0.02                | 0.07                | חיא"ל              |
|              | מתכות כבדות**                                  | $\mu\text{g/g}$       | ספקטרופוטומטריה של בליעה אטומית עם להבה ובתנור גרפיט                                            | 0.006-13<br>****    | 0.018-30.7<br>****  |                    |
|              | כספית**                                        | ng/g                  | Cold vapor AF                                                                                   | 0.056               | 0.13                |                    |
| חי תוך המצע* |                                                |                       | מיון (רמה טקסונומית נמוכה ככל הניתן), זיהוי, ספירה                                              |                     |                     | אורית ברנע<br>**** |

\* נבדק רק בדיגומי האביב והסתיו.

\*\* נבדק רק בדיגום האביב.

\*\*\* הריכוזים הכלליים של מתכות במי הים נבדקו רק בדיגומי האביב והסתיו - הבדיקה נדרשת ממפעל אינטל

אלקטרוניקה כל שנה, החל מ-2019, ומכל הגורמים האחרים כל 5 שנים.

\*\*\*\* גבולות הגילוי והכימות תלויים במתכת.

\*\*\*\*\* ד"ר אורית ברנע, ייעוץ ושירותים בביולוגיה ימית.

## 2.2.2 מיקרואצות בגוף המים

ספירת הבקטריות הכחוליות ואצות איאוקריוטיות קטנות, עד 5 מיקרומטר, בוצעה בשיטה המתוארת ע"י (Booth 1987) עם מספר התאמות. דוגמאות מים (100 מ"ל בדרך כלל) סוננו וקובעו על גבי פילטר פוליקרבונט  $0.45\mu\text{m}$ . הפילטר הועבר לזכוכית נושאת והונח על גבי טיפת שמן אימרסיה. על גבי הפילטר הונחה טיפת שמן אימרסיה נוספת והפילטר כוסה ע"י זכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה באמצעות אובייקטיב  $\times 100$ . לספירת התאים הגדולים מ-5 מיקרומטר דגימות המים סוננו (500 מ"ל בדרך כלל) דרך פילטר פוליקרבונט  $3\mu\text{m}$ , ומהם הוכנו פרפרטים בשתי שיטות: (א) שיטת שמן האימרסיה הנ"ל; הספירה נעשתה באמצעות אובייקטיב  $\times 40$ . (ב) בשיטת FTF - הפילטר עם פני הדגימה המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת מי-ים שהושמה על גבי זכוכית נושאת. הזכוכית הנושאת הונחה מיד על גבי משטח חלק של קרח יבש. לאחר קפיאת התאים הפילטר נתלש והדוגמא כוסתה בשכבה דקה של ג'ל גליצרין. עם התייבשות הג'ל, הונחה עליו טיפת גליצרול, שכוסתה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לבדיקה. הספירה של כל הפילטרים נעשתה באמצעות מיקרוסקופ אפילוורוסנטי מסוג Olympus BX51 באמצעות אובייקטיב  $\times 40$ .

במטרה לבחון אם קיימת השפעה של מי הרכז ממתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של חברת מקורות, המכילים ריכוזים גבוהים של חומצה סיליצית וניטראט, על שכיחות והרכב חברת המיקרואצות, בוצעו ניתוחים סטטיסטיים של נתוני המיקרואצות שכללו: (1) ניתוחים שנתיים חד משתנים על כלל מאסף המיקרואצות - מספר הפרטים  $N$  (Abundance), עושר הטקסונים  $S$  (Richness) ומגוון המינים  $d$  (Diversity) ע"פ Margalef. (2) ניתוחים רב משתנים לבחינה של ההפרדה בין נקודות הדיגום על סמך מגוון המינים של מאסף האצות שכללו Cluster analysis וניתוח בעזרת מבחן Permanova (Pair-Wise Test) (כל משתנה חולק לקטגוריות למטרת השוואה בין הקטגוריות השונות). (3) אותם ניתוחים רב משתנים על נתוני הניטור הרב-שנתי (2016-2021), במטרה לבחון מגמות ארוכות טווח. האנליזה הסטטיסטית בוצעה בעזרת תוכנת PRIMER7. בוצעה המרה לוגריתמית  $\log(x+1)$  של שכיחות האצות למזער את תחום מספר הפרטים לסקלה אחידה.

## 2.2.3 משקעי קרקעית (סדימנטים)

גלעיני הסדימנטים הוקפאו והשכבה העליונה של כל גלעין (0-1 ס"מ) יובשה בליאופיליזר. הסדימנטים המיובשים עברו ניפוי דרך נפה של 1000 מיקרומטר. כספית, ניקל, כסף, ארסן, אבץ ונחושת נבדקו לאחר עיכול בחומצה חנקתית מרוכזת (70%) במיקרוגל לפי תכנית ייעודית. מנגן, קדמיום, עופרת, ברזל, כרום ואלומיניום נבדקו לאחר עיכול שלם במיקרוגל עם תערובת של חומצה פלואורית ומי מלך (ASTM 1983). כספית נבדקה בשיטה של Cold Vapor עם גלאי של פלואורסנציה אטומית במכשיר Millennium System של PS Analytical. יתר המתכות נבדקו בספקטרוסקופיה של בליעה אטומית בלהבה (במכשיר Agilent SpectrAA 280) או בתנור גרפיט (במכשיר 120,240Z Agilent GTA). דיוק השיטות נבדק באמצעות סטנדרטים בינלאומיים אשר עברו תהליך כימי זהה לזה שעברו הדגימות. תכולת TOC נקבעה בטיטרציה פוטנציומטרית לאחר עיכול עם אשלגן דיכרומאט. לבדיקה הגרנולומטרית הסדימנט יובש ב-  $105^{\circ}\text{C}$  והופרד באמצעות מערכת של שש נפות בקוטר  $8''$ , בגדלים של 125, 180, 250, 500, 1000, בגדלים של 125, 180, 250, 500, 1000 ו-63 מיקרומטר, ע"י טלטול במטלטלת נפות במשך 10 דקות. הסדימנט מכל פרקציה נשקל וחלקו

היחסי בדגימה חושב. דיוק הבדיקה חושב על סמך השוואה של סכום משקלי המקטעים של גודלי הגרגר השונים למשקל דגימת הסדימנט לפני ההפרדה. בכל הבדיקות השגיאה המחושבת הייתה פחות מ-0.5%.

#### 2.2.4 החי בתוך המצע

הדגימות המשומרות באלכוהול (99%) סוננו ברשת 250 מיקרומטר והועברו לשימור באלכוהול (96%) עם חומר הצבע Rose Bengal. בוצע רישום ומיון בעלי החיים לרמה הטקסונומית הנמוכה ביותר שניתן. מיון וספירת החי בוצע בעזרת בינוקולר מתוצרת OLYMPUS דגם SZX16.

#### 2.2.5 ניתוחים סטטיסטיים של ממצאי החי בתוך המצע

הניתוחים הסטטיסטיים של נתוני החי בתוך המצע, שבוצעו במטרה לבחון את תחום ההשפעות האפשריות של ההזרמה לים של מי הקירור מתחנות הכח ומי הרכז ממתקני ההתפלה, כללו:

(1) ניתוחים שנתיים חד-משתנים על כלל מאסף החי (שלוש החזרות בכל נקודת דיגום) - מספר הפרטים (N) (Abundance), עושר הטקסונים (S) (Richness), מגוון המינים (Diversity)  $d'$  (Margalef) ומדד השיוויוניות (Evenness)  $J'$  (Pielou). (2) ניתוחים רב-משתנים - Cluster analysis ו-nMDS - לבחינה של ההפרדה בין נקודות הדיגום על סמך מאסף החי (ממוצעי שלוש החזרות בכל נקודת דיגום). (3) ניתוח רב משתני, באמצעות מבחן Permanova (Pair-Wise Test), של הקשר של הגורמים הקבועים - עומק ומרחק - של נקודות הדיגום מהמוצאים של מי הקירור מתחנות הכח ומי הרכז ממתקני ההתפלה, לדמיון בין נקודות הדיגום על סמך מאסף החי (ממוצעי שלוש החזרות בכל נקודת דיגום). (4) ניתוחים רב-משתנים, כאמור לעיל, על קבוצות החי הראשיות בלבד להשוואה רב שנתית (2015-2021). הניתוחים הסטטיסטיים בוצעו באמצעות תוכנת PRIMER 7<sup>2</sup>. על כל נתוני החי בוצעה המרה לוגריתמית  $\log(x+1)$  על מנת למזער את הטווח של מספרי הפרטים לסקלה אחידה (מזעור השפעה של מינים דומיננטים).

### 2.3 הזרמות לים בימי העבודה בים

#### 2.3.1 מים חמים מתחנת הכוח רוטנברג

ההזרמה לים של מי קירור מתחנת הכוח רוטנברג בימי העבודה בים מוצגת בטבלה 2.4 - ספיקת המים מכל יחידת ייצור, טמפרטורת המים ואחוז תפוקת החשמל של כל יחידת ייצור (מתוך כושר הייצור המירבי כמפורט בסעיף 1.2.1) ומשטר ההכלרה. בנספח ב' מוצגות טמפרטורות המים בשבוע שלפני כל מועד עבודה בים בכל אחת מיחידות הייצור.

<sup>2</sup> Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research. <https://www.primer-e.com>

טבלה 2.4: ההזרמה לים של מי קירור מתחנת הכח רוטנברג בימי מדידות CTD ובימי הדיגום לבדיקות איכות מים בשנת 2021 - ספיקת המים מכל יחידת ייצור, טמפרטורת המים ביציאה ממערכת מי הקירור (בשעה 12:00 בצהריים), אחוז תפוקת החשמל של כל יחידת ייצור ומשטר הכלרה.

| שעות הכלרה  | יחידה **4        |        |      | יחידה **3        |        |      | יחידה *2         |        |      | יחידה *1         |        |      | תאריך    |
|-------------|------------------|--------|------|------------------|--------|------|------------------|--------|------|------------------|--------|------|----------|
|             | אחוז תפוקת ייצור | ספיקה  | טמפ  | אחוז תפוקת ייצור | ספיקה  | טמפ  | אחוז תפוקת ייצור | ספיקה  | טמפ  | אחוז תפוקת ייצור | ספיקה  | טמפ  |          |
|             | %                | מק"ש   | °C   | %                | מק"ש   | °C   | %                | מק"ש   | °C   | %                | מק"ש   | °C   |          |
| 9:00-11:00  | 50               | 73,800 | 24.2 | 50               | 73,800 | 24.1 | 53               | 82,590 | 26.1 | 52               | 82,590 | 25.5 | 2.2.21   |
| הכלרה רציפה | 66.8             | 73,800 | 35.0 | השבתה            |        |      | 55.0             | 82,590 | 29.2 | 54.7             | 82,590 | 35.1 | 21.6.21  |
| 10:00-12:00 | 61.3             | 73,800 | 35.0 |                  |        |      | 57.8             | 82,590 | 29.3 | 56.5             | 82,590 | 34.7 | 23.6.21  |
| הכלרה רציפה | 78.9             | 73,800 | 39.2 |                  |        |      | 71.1             | 82,590 | 39.4 | 0                | 82,590 | 31.2 | 15.8.21  |
| הכלרה רציפה | 70.6             | 73,800 | 31.2 |                  |        |      | השבתה            |        |      | 54.7             | 82,590 | 30.5 | 14.11.21 |
| הכלרה רציפה | 71.0             | 73,800 | 30.8 |                  |        |      |                  |        |      | 53.9             | 82,590 | 30.1 | 15.11.21 |

\* נמדד בתעלה קרוב למוצא בים; \*\* נמדד ביציאה מהמעבה - טמפרטורה גבוהה בכ- 2°C מהטמפרטורה הנמדדת קרוב לתעלות המוצא.

### 2.3.2 מי רכז ממתקן ההתפלה אשקלון

מתקן התפלה אשקלון פעל בתפוקה מלאה בימי הדיגום באביב, בקיץ ובסתיו. ביום הדיגום בחורף המתקן לא ייצר מים החל משעה לפני תחילת הדיגום ועד לסיום הדיגום והזרים לים רק מי ים מסוחררים ומי שטיפות מסננים (שטיפות במי ים). ההזרמה לים של מי רכז ממתקן ההתפלה בימי העבודה בים מוצגת בטבלה 2.5. איכות מי הרכז של מתקן ההתפלה שהוזרמו לים בשנת 2021 ובשבוע שלפני כל מועד עבודה בים מוצגת בנספח ב'.

### טבלה 2.5: הזרמה לים של מי רכז ממתקן התפלה אשקלון בימי מדידות CTD ובימי הדיגום לבדיקות איכות מים בשנת 2021 (מק"י = מ"ק/יום).

| תאריך    | רכז מתקני התפלה | שטיפות מסנני חול | שטיפות מסנני אבן גיר | שטיפות מניקיונות | תמיסת שימור | סה"כ הזרמה (רכז+שטיפות) | סה"כ שאיבת מי ים | סה"כ מוצר |
|----------|-----------------|------------------|----------------------|------------------|-------------|-------------------------|------------------|-----------|
| מק"י     | מק"י            | מק"י             | מק"י                 | מק"י             | מק"י        | מק"י                    | מק"י             | מק"י      |
| 2.2.21 * | 332,653         | 4,647            | 1,066                | 0                | 0           | 338,365                 | 498,735          | 160,370   |
| 21.6.21  | 427,182         | 4,026            | 0                    | 580              | 0           | 431,788                 | 766,763          | 334,975   |
| 23.6.21  | 432,860         | 8,815            | 1,409                | 0                | 0           | 443,085                 | 773,100          | 330,015   |
| 15.8.21  | 441,152         | 4,903            | 0                    | 0                | 0           | 446,055                 | 780,930          | 334,875   |
| 14.11.21 | 425,987         | 1,577            | 2,574                | 1160             | 0           | 431,298                 | 751,153          | 319,855   |
| 15.11.21 | 427,942         | 6,125            | 1,495                | 0                | 0           | 435,562                 | 758,232          | 322,670   |

\* רשומים הנתונים היומיים; בשעות הניטור לא היה ייצור של מים מותפלים.

### 2.3.3 מי רכז ממתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של מקורות

ההזרמה לים של מי רכז ממתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של מקורות בימי העבודה בים מוצגת בטבלה 2.6. ההזרמה של מי הרכז של מתקני ההתפלה בשנת 2021 מוצגת בנספח ב'.

**טבלה 2.6: הזרמה לים של מי רכז ממתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של מקורות בימי מדידות CTD ובימי הדיגום לבדיקות איכות מים בשנת 2021.**

| תאריך    | כמות מי רכז (מ"ק) |
|----------|-------------------|
| 2.2.21   | 14,385            |
| 21.6.21  | 12,085            |
| 23.6.21  | 19,893            |
| 15.8.21  | 17,716            |
| 14.11.21 | 19,599            |
| 15.11.21 | 17,522            |

### 2.3.4 מים חמים מתחנת הכח דוראד ותמלחות תעשייתיות ממפעל אינטל אלקטרוניקה

ההזרמה לים של מי קירור מתחנת הכח דוראד ושל תמלחות תעשייתיות ממפעל אינטל אלקטרוניקה בימי העבודה בים מוצגת בטבלה 2.7. ההזרמה של מי הקירור והתמלחות בשנת 2021 מוצגת בנספח ב'.

**טבלה 2.7: הזרמה לים של מי קירור מתחנת הכוח דוראד ותמלחות ממפעל אינטל אלקטרוניקה בימי מדידות CTD ובימי הדיגום לבדיקות איכות מים בשנת 2021.**

| אינטל             | דוראד    |                     |              |              |
|-------------------|----------|---------------------|--------------|--------------|
|                   | תאריך    | כמות מי קירור (מ"ק) | טמפ כניסה °C | טמפ יציאה °C |
| כמות תמלחות (מ"ק) |          |                     |              |              |
| 4045              | 21.2.21  | 17,536              | 18.7         | 25.2         |
| 4503              | 21.6.21  | 29,911              | 27.0         | 30.6         |
| 3885              | 23.6.21  | 36,938              | 28.6         | 28.8         |
| 4732              | 15.8.21  | 14,210              | 28.7         | 33.4         |
| 4092              | 14.11.21 | 16,929              | 23.1         | 26.5         |
| 4372              | 15.11.21 | 14750               | 23.6         | 26.5         |

## 2.4 תוצאות

### 2.4.1 איכות מי הים

בפרק זה, ניתוח נתוני TSS, נוטריאנטים וכלורופיל מתייחס, בין היתר, לערכי ייחוס של פרמטרים אלה בתחום הרדוד לאורך החוף של ישראל (עד עומק מים של 15 מ') באזור שמדרום לתל אביב עד אשקלון. ערכי ייחוס אלו הוצעו ע"י חיא"ל בדוח שהוגש למשרד להגנת הסביבה ביולי 2017 ופורסמו במאמר המבוסס על הדוח (קרס וחובריה, 2017; Kress et al, 2019). ערכי הייחוס המוצעים, אשר מוצגים בטבלה 2.13, אמורים לייצג את הרקע הטבעי לאזור, במגבלות של היקף המידע שהיה קיים בעת

קביעתם. ערכי הייחוס נקבעו כערך החציון של כל המדידות שבוצעו באזור בשנים 2010-2014 במסגרת תכנית הניטור הלאומית ותכניות ניטור מקומיות שונות, להוציא בנקודות המושפעות מהזרמות אנתרופוגניות (נתוני ניטור רוטנברג לא נלקחו בחשבון עקב ההזרמות של נוטריאנטים לאזור הניטור). לצורך חישוב ערכי הייחוס, עונות השנה הוגדרו ע"י חיא"ל עפ"י הטמפרטורה של מי הים כלהלן: חורף (ינואר-מרץ); אביב (אפריל-יוני); קיץ (יולי-אוקטובר); סתיו (נובמבר-דצמבר). הגדרות אלו שונות בחלקן מההגדרות האסטרונומיות של העונות (עפ"י אורך היום) אשר שימשו לקביעת מועדי ניטור רוטנברג. בשנת 2021 לשוני בהגדרת עונות השנה לא הייתה משמעות מעשית.<sup>3</sup>

בניתוח נתוני הניטור בדוח זה ריכוזים מדודים של הפרמטרים הנ"ל, או ערכי החציון שלהם באזור הניטור, בתחום של עד 50% סטייה מערכי הייחוס המוצעים (להלן - קריטריון ההתאמה לערך הייחוס), נחשבים כהתאמה טובה לערכי הייחוס, כפי שנעשה בשנים קודמות (כהן וחוברי, 2019, 2020, 2021) ובתכניות ניטור מקומיות אחרות (לדוגמא, ניטור פלמחים-שורק: סיסמה-ונטורה ולובינבסקי, 2021).

#### 2.4.1.1 טמפרטורה

##### הטמפרטורה בשנת 2021

איורים 2.2 עד 2.7 מציגים את פיזור הטמפרטורה של מי הים באזור הניטור - בפני המים (עומק 0.5 מ'), בעומק 2 מ' ובסמוך לקרקעית - על סמך מדידות CTD באביב (21.6.21) ובסתיו (15.11.21). ערכי הטמפרטורה רשומים במפות בנקודות המדידה. איורים 2.8-2.11 מציגים את תוספת הטמפרטורה ביחס לטמפרטורת הרקע ( $\Delta T$ ) בפני המים ובסמוך לקרקעית באביב ובסתיו. טמפרטורות הרקע נקבעו על סמך מדידות מצפון לבריכת מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג: באביב ממוצע הטמפרטורות בעומקים 0.5 מ', 2 מ' ובסמוך לקרקעית בנקודות 51-54 ובסתיו ממוצע הטמפרטורות באותם עומקים בנקודות 47-52. טמפרטורות הרקע שחושבו: באביב  $27.53 \pm 0.26^\circ\text{C}$  ובסתיו  $24.59 \pm 0.21^\circ\text{C}$ . בטבלאות 2.8-2.11 מוצגות טמפרטורות המים בחורף (2.2.21), באביב (23.6.21), בקיץ (15.8.21) ובסתיו (14.11.21) שנמדדו בנקודות RUT במקביל לדיגום לצורך בדיקת איכות מי הים. פרופילי עומק של הטמפרטורה בנקודות RUT באביב (23.6.21) ובסתיו (14.11.21), מוצגים באיור 2.12.

הטמפרטורות המרביות שנמדדו באביב היו בפני המים  $32.63^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 4.67^\circ\text{C}$ ), בנקודה RUT9 (במרחק 0.8 ק"מ ממוצאי מי הקירור ומי הרכז) ובסמוך לקרקעית  $33.37^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 5.41^\circ\text{C}$ ), בנקודה RUT1 (0.08 ק"מ מהמוצאים), ביום הדיגום לאיכות מי הים; הטמפרטורות המרביות שנמדדו בסתיו היו בפני המים  $28.29^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 3.79^\circ\text{C}$ ) ובסמוך לקרקעית  $27.59^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 3.09^\circ\text{C}$ ), בנקודה RUT4 (0.35 ק"מ ממוצאי מי הקירור ומי הרכז), ביום הדיגום לאיכות מי הים. בדיגומי החורף והקיץ, בהם בוצעו מדידות רק בנקודות RUT, הטמפרטורה המרבית הייתה  $23.93^\circ\text{C}$  בנקודה RUT1 ו-  $35.01^\circ\text{C}$  בנקודה RUT6 (0.47 ק"מ ממוצאי מי הקירור ומי הרכז), בהתאמה.

<sup>3</sup> בשנים שבהן ניטור הסתיו בוצע בחודש אוקטובר תוצאות ניטור הסתיו הושוו לערכי הייחוס לעונת הקיץ.

באביב, ספיקת מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג הייתה כ- 75% מספיקה מלאה בשל השבתה של אחת מיחידות הייצור. שלוש היחידות האחרות עבדו בספיקת מי קירור מלאה אך בייצור חשמל חלקי, כ- 50%-70% מהתפוקה המרבית. פיזור מי הקירור החמים היה בעיקר לכיוון צפון במקביל לקו החוף; בכיוון ההפוך, לדרום מערב, נותרו שרידים של פלומת מים חמים, בעיקר בקרבת פני המים ובעומק 2 מ'. פלומת מי קירור עם  $\Delta T$  של מעלה אחת ויותר השתרעה בעיקר לכיוון צפון ובעיקר בפני המים. בשעות שקדמו למדידה נשבה רוח דרום-מזרחית עד דרום-מערבית שסייעה לפיזור מי הקירור צפונה. בשעות המדידה נשבה רוח מערבית בעיקר שהגבילה את התפשטות מי הקירור לכיוון מערב. בפני המים, ערך  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  הגיע עד גבול המדידה בצפון, כ- 2 ק"מ צפונה למוצאי מי הקירור ומי הרכז, ועל סמך אקסטרפולציה נראה שהגיע עד כ- 3.3 ק"מ מצפון למוצאים;  $\Delta T$  של  $2^{\circ}\text{C}$  הגיע עד כ- 1.75 ק"מ מצפון-מערב למוצאים, אך לא כפלומה רציפה. ערך  $\Delta T$  של  $3^{\circ}\text{C}$  נמצא רק בנקודה אחת, במרחק של 1.1 ק"מ מצפון-מערב למוצאים. בסמוך לקרקעית  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  הגיע עד כ- 1.65 ק"מ מצפון למוצאי מי הקירור ומי הרכז, בקרבת החוף, ועד כ- 0.65 ק"מ מצפון-מערב למוצאים. ערך  $\Delta T$  של  $2^{\circ}\text{C}$  נמדד במרחק של כ- 0.3 ק"מ ממערב למוצאים.

בסתיו, ספיקת מי הקירור הייתה כמחצית מהספיקה המירבית מאחר ששתי יחידות ייצור הושבתו. ביחידות שפעלו, ייצור החשמל היה כ- 50%-70% מהתפוקה המרבית. פלומת מי הקירור השתרעה לכיוון מערב, כאשר בפני המים הפיזור היה קרוב מאד למוצאי מי הקירור ומי הרכז, בעומק 2 מ' הפלומה השתרעה מעט רחוק יותר לכיוון מערב ובסמוך לקרקעית פלומת מי הקירור השתרעה הרחק מערבה, כפלומה צרה. כיוון הרוחות העיקרי, שבשעות המדידה היה מערב עד צפון-מערב, מנע התפשטות של מי הקירור מערבה מאזור המוצאים בפני המים ובעומקים רדודים. בפני המים ערך  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  הגיע עד מרחק של 0.55 ק"מ ממערב למוצאי מי הקירור ומי הרכז אך לא כפלומה רציפה. עיקר הפלומה נמצא קרוב למוצאי מי הקירור ומי הרכז, עד 0.15 ק"מ מהם. בסמוך לקרקעית ערך  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  הגיע עד 1.7 ק"מ ממערב למוצאי מי הקירור ומי הרכז ו-  $\Delta T$  של  $2^{\circ}\text{C}$  הגיע עד 0.6 ק"מ ממערב למוצאים.

## השוואה רב-שנתית

איורים 2.16-2.13 מציגים את הטמפרטורה בפני המים ובסמוך לקרקעית שנמדדה בנקודות RUT בימי הדיגום לבדיקת איכות מי הים בכל שנה מאז 2006, השנה שבה החל לפעול מתקן התפלה אשקלון<sup>4</sup>. האיורים ממחישים את טווחי הטמפרטורה בנקודות השונות ואת מידת השינוי בין הנקודות השונות בתנאים שונים. בחלק מנקודות הניטור ההבדלים בין השנים מגיעים עד כ-  $10^{\circ}\text{C}$  ויותר.

ההבדלים בזמן (בין השנים באותן נקודות) ובמרחב (בין נקודות הדיגום השונות) נובעים משילוב של כמה גורמים:

<sup>4</sup> מאחר שהערבוב של מי הקירור עם מי הרכז של מתקן ההתפלה משפיע על הצפיפות של פלומת המים החמים והמלוחים ולכן על הפיזור המרחבי של הטמפרטורה, אין טעם בהשוואה של פיזור הטמפרטורה בשנים שלפני תחילת הפעילות של מתקן התפלה אשקלון לשנים בהן המתקן פעל.

א. ספיקת מי הקירור של תחנת הכח - ככל שיותר יחידות ייצור פועלות וככל שתפוקתן גדולה יותר כך ספיקת מי הקירור הנפלטים גדולה יותר. במרבית הזמן, אך לא תמיד, שתי משאבות מי הקירור של כל יחידת ייצור פועלות בספיקה מלאה.

ב. תפוקת החשמל של יחידות הייצור השונות - ככל שתפוקת החשמל של יחידת הייצור גבוהה יותר, גדלה כמות החום המועברת למי הקירור ולכן הטמפרטורה של מי הקירור הנפלטים מיחידת הייצור גבוהה יותר.

ג. פעילות מתקן התפלה אשקלון - היקף הפעילות של מתקן ההתפלה קובע את ספיקת מי הרכז המוזרמים לים. ככל שספיקת מי הרכז גדולה יותר, הצפיפות של הזרם המעורב של מי הקירור ומי הרכז גדולה יותר וגוברת הנטייה שלו לשקוע לכיוון הקרקעית.

ד. התנאים הסביבתיים - רוחות, גלים וזרמים. ההשפעה העיקרית היא של כיוון ועוצמת הרוח, מה גם שהניטור מתבצע במצבי ים שקטים, בעיקר מבחינת הגלים, השפעת הגלים פחותה עוד יותר.

ה. מיקום נקודות הדיגום ביחס למוצאי מי הקירור ומי הרכז - ככל שמרחק הנקודה ממוצאי מי הקירור ומי הרכז גדול יותר ההשפעה המרחבית של המים החמים והמלוחים קטנה, אקראית או כמעט בלתי מורגשת, אבל גם למיקום ביחס לכיוונים של זרמי מי הקירור ומי הרכז יש השפעה.

ו. מועדי הדיגום - הבדלים במועדי המדידה בין שנה לשנה משפיעים על הטמפרטורה האבסולוטית הנמדדת, עקב הבדלים בטמפרטורת הרקע של מי הים.

בדרך כלל, הטמפרטורות הגבוהות ביותר באזור הניטור נמדדות בנקודות הקרובות למוצאי המים החמים אך לעיתים נקודות אלו יכולות להיות מחוץ לפלומת המים החמים. נקודות RUT1, RUT11 ו-RUT12 הן דוגמאות לכך - כאשר הפלומה נוטה לכיוון הטמפרטורה בהן גבוהה מאד ובמקרים אחרים היא יכולה להיות נמוכה יחסית (לדוגמא, בפני המים באביב 2021).

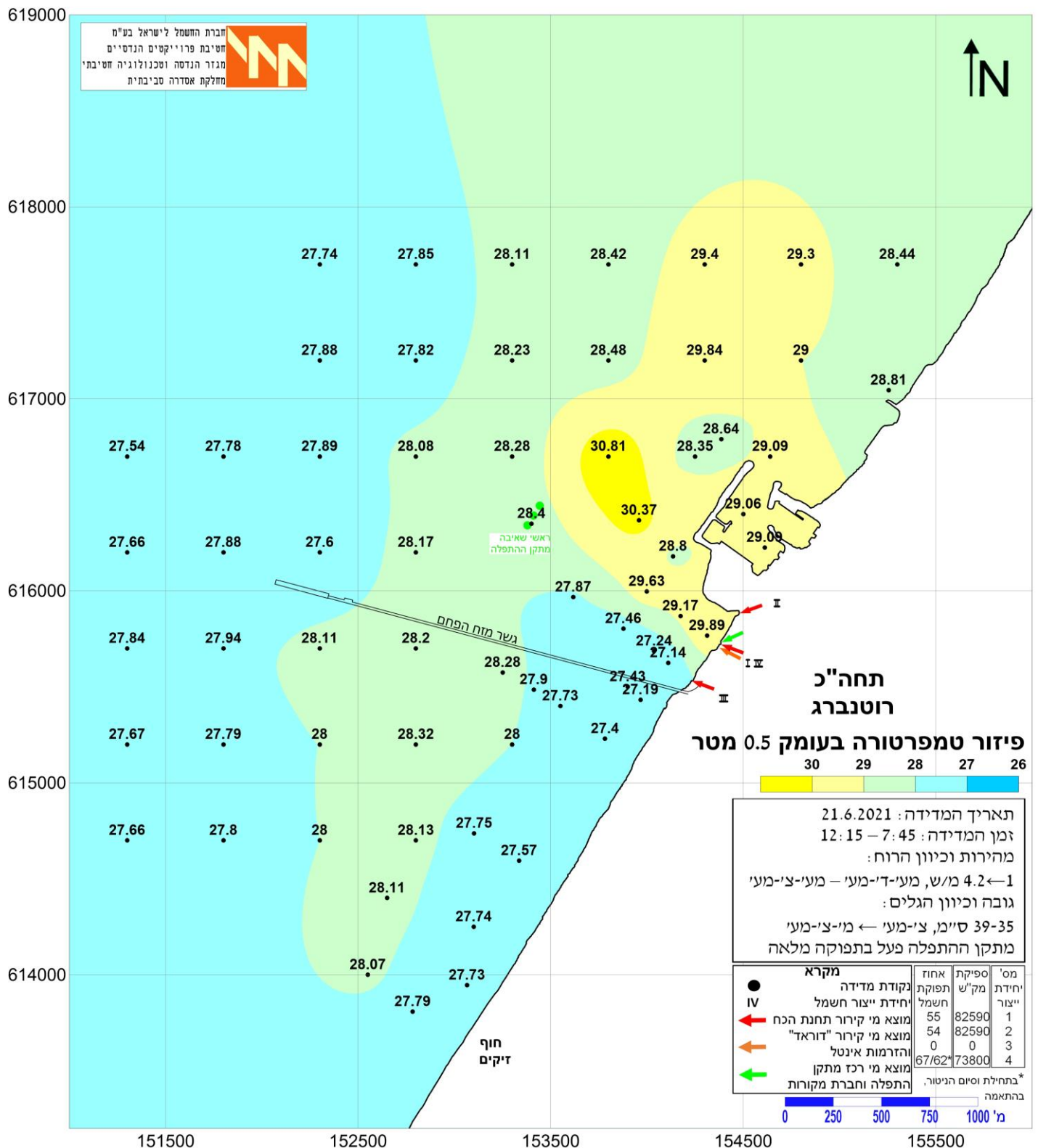
בשנת 2021 ניטור האביב נערך בתאריך מאוחר ביחס לכלל שנות הניטור למעט 2018 וניטור הסתיו נערך בתאריך מאוחר ביחס לכלל השנים למעט 2019. באביב 2021, הטמפרטורה בפני המים ברוב נקודות הדיגום הייתה גבוהה מהממוצע הרב-שנתי אבל לא הגבוהה ביותר ולא קרובה לטמפרטורה הגבוהה ביותר. יוצאת דופן הייתה נקודה RUT9 שהטמפרטורה בה הייתה גבוהה באופן חריג מכלל הטמפרטורות שנמדדו עד כה באותה נקודה. גם הטמפרטורות בנקודות RUT11 ו-RUT12 חריגות כי אינן גבוהות כמצופה. בסמוך לקרקעית, בכל הנקודות הטמפרטורה הייתה גבוהה מהממוצע הרב-שנתי ולמעט בנקודות RUT1 ו-RUT5, בהן הטמפרטורה הייתה גבוהה מהצפוי, אין טמפרטורות חריגות. בסתיו 2021, בפני המים ובקרקעית, הטמפרטורה שנמדדה בכל הנקודות נמוכה מהממוצע הרב-שנתי. בפני המים הטמפרטורה נמוכה מאד, בכמה נקודות הנמוכה ביותר שנמדדה, ורק בנקודה RUT4 הטמפרטורה גבוהה יחסית וקרובה לממוצע הרב-שנתי. לעומת זאת, בסמוך לקרקעית הטמפרטורות קרובות יותר לממוצע, יש הבדלים גדולים יותר בטמפרטורה בין הנקודות (לעומת דמיון גדול יותר בפני המים) ורק בנקודה RUT1 הטמפרטורה היא הנמוכה ביותר שנמדדה. דפוס זה תואם את ההנחה לעיל שמועד הניטור בעונת הניטור הינו גורם משמעותי להבדלים בטמפרטורה של מי הים בשנים שונות

(בתאריך ניטור מוקדם באביב טמפרטורת הרקע של מי הים נמוכה יחסית בטווח העונתי, בעוד שבתאריך ניטור מוקדם בסתיו טמפרטורת הרקע של מי הים גבוהה יחסית).

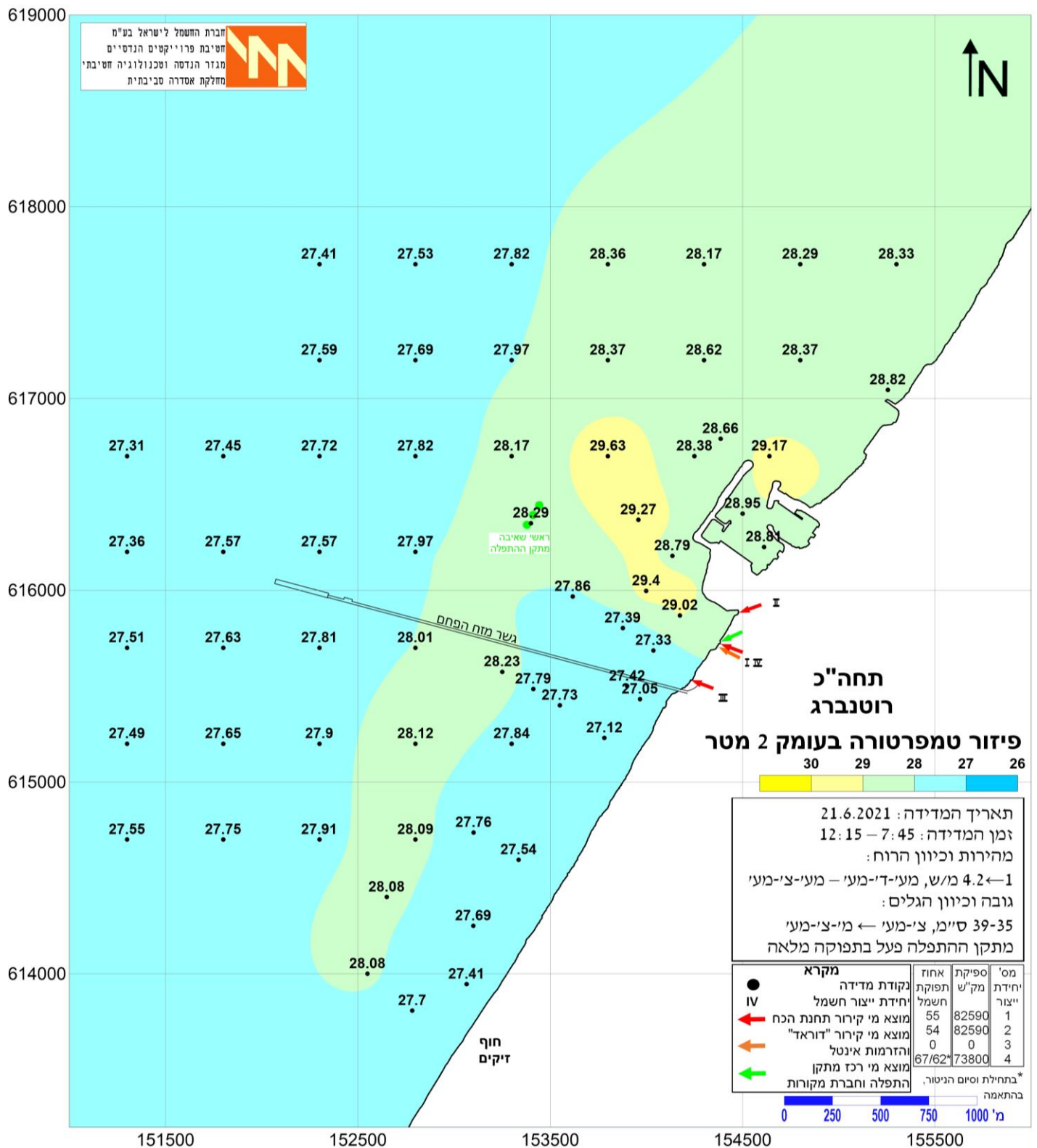
מהמפות של ערכי  $\Delta T$  באזור הניטור בשנים האחרונות (2021-2013) עולות כמה הכללות:

- ערכי  $\Delta T$  הגבוהים ביותר נמדדו לרוב עד 500 מ' ממוצאי מי הקירור ומי הרכז (נקודות RUT1, RUT2, RUT4, RUT11).
- במועדי הניטור בעונת האביב, ערכי  $\Delta T$  המרביים בפני המים ובקרקעית היו  $4.1^{\circ}\text{C}$  עד  $9.9^{\circ}\text{C}$  בהתאמה, ובמועדי הניטור בסתיו ערכי  $\Delta T$  המרביים היו נמוכים יותר,  $2.0^{\circ}\text{C}$  עד  $5.3^{\circ}\text{C}$ , למעט סתיו 2017 וסתיו 2020 שהיו חריגים עם ערכי  $\Delta T$  גבוהים יותר.
- במרחק של כ- 1 ק"מ ממוצאי מי הקירור ומי הרכז, במרבית השנים, ערכי  $\Delta T$  לא עלו על  $2^{\circ}\text{C}$ - $3^{\circ}\text{C}$  (גפן גלזר, 2014, 2015; אברמזון ושפיר, 2016; שפיר ובן יוסף, 2017; כהן וחובריו, 2018, 2019, 2020, 2021).

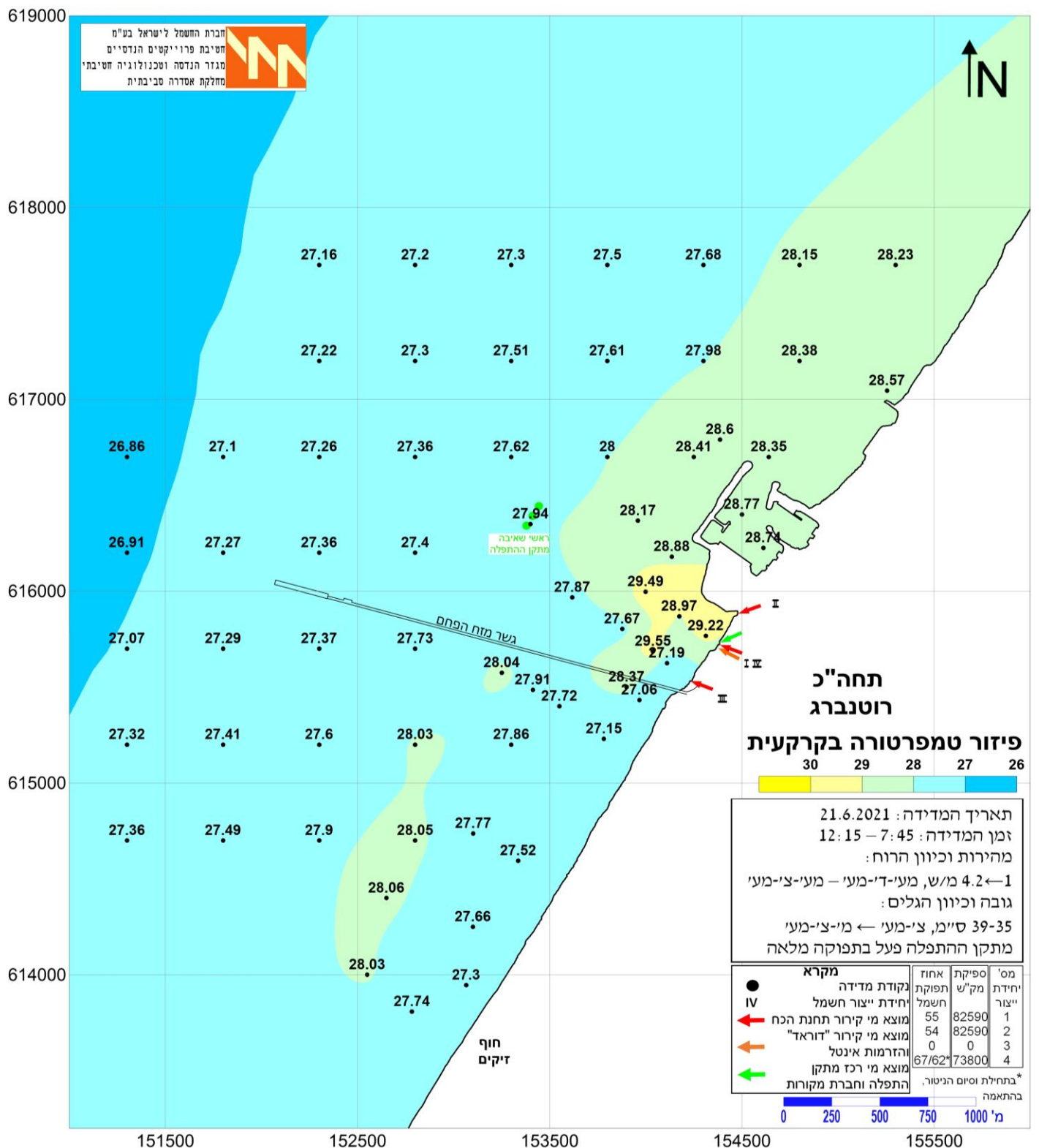
איור 2.2: פיזור טמפרטורה (°C) בפני המים (עומק 0.5 מ') באזור הניטור באביב (21.6.21).



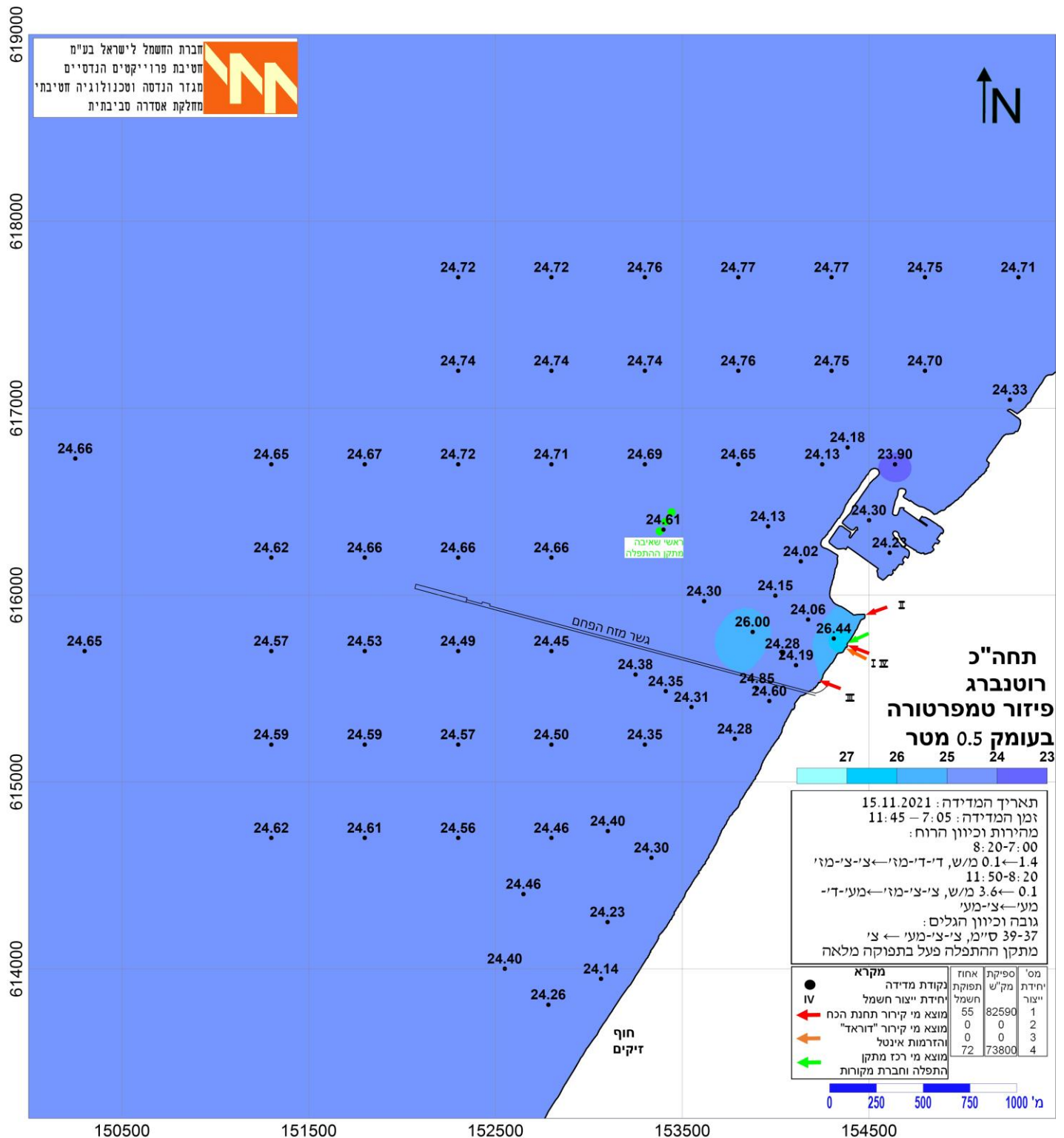
איור 2.3: פיזור טמפרטורה (°C) בעומק 2 מ' באזור הניטור באביב (21.6.21).



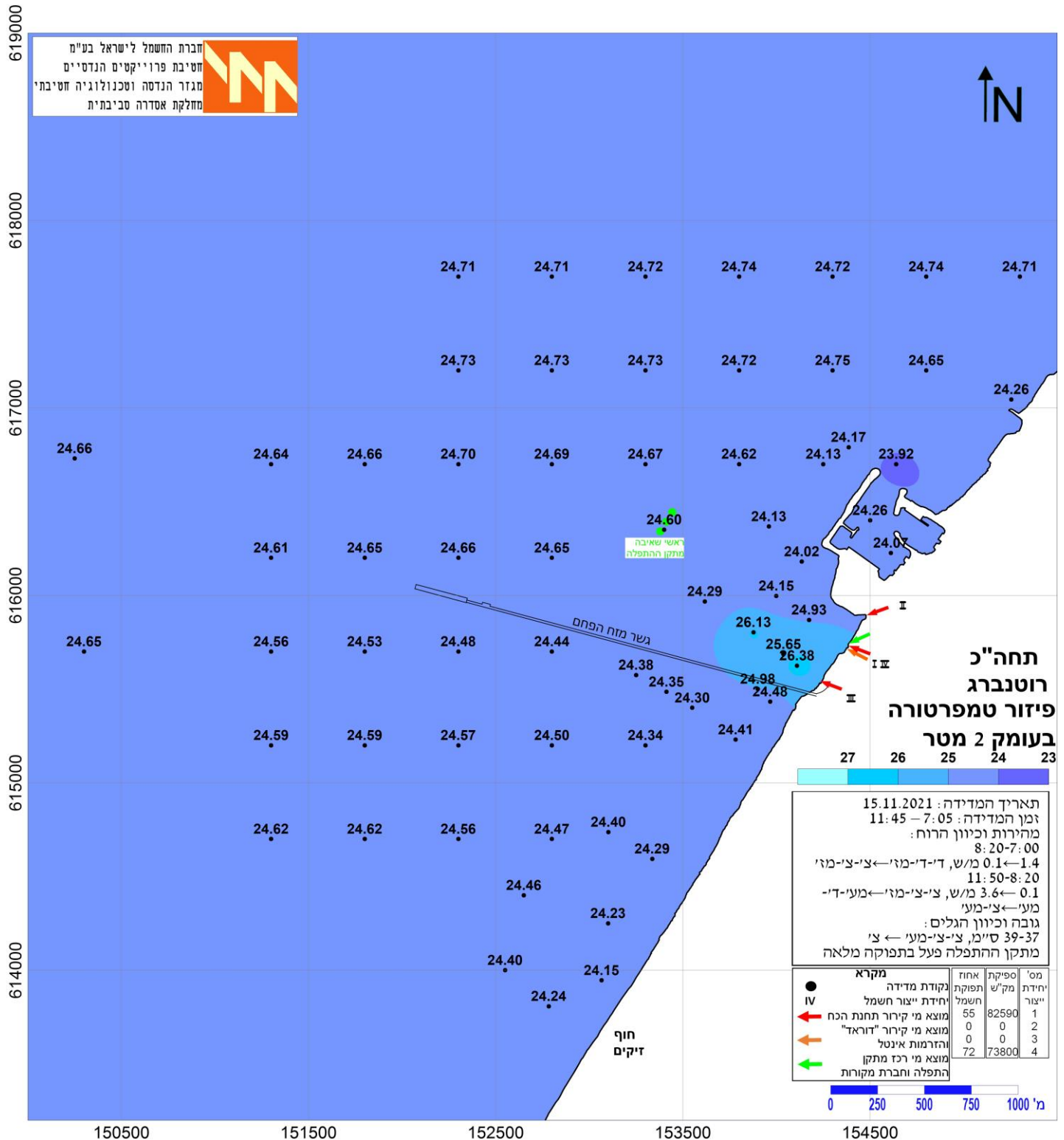
איור 2.4: פיזור טמפרטורה (°C) בסמוך לקרקעית באזור הניטור באביב (21.6.21).



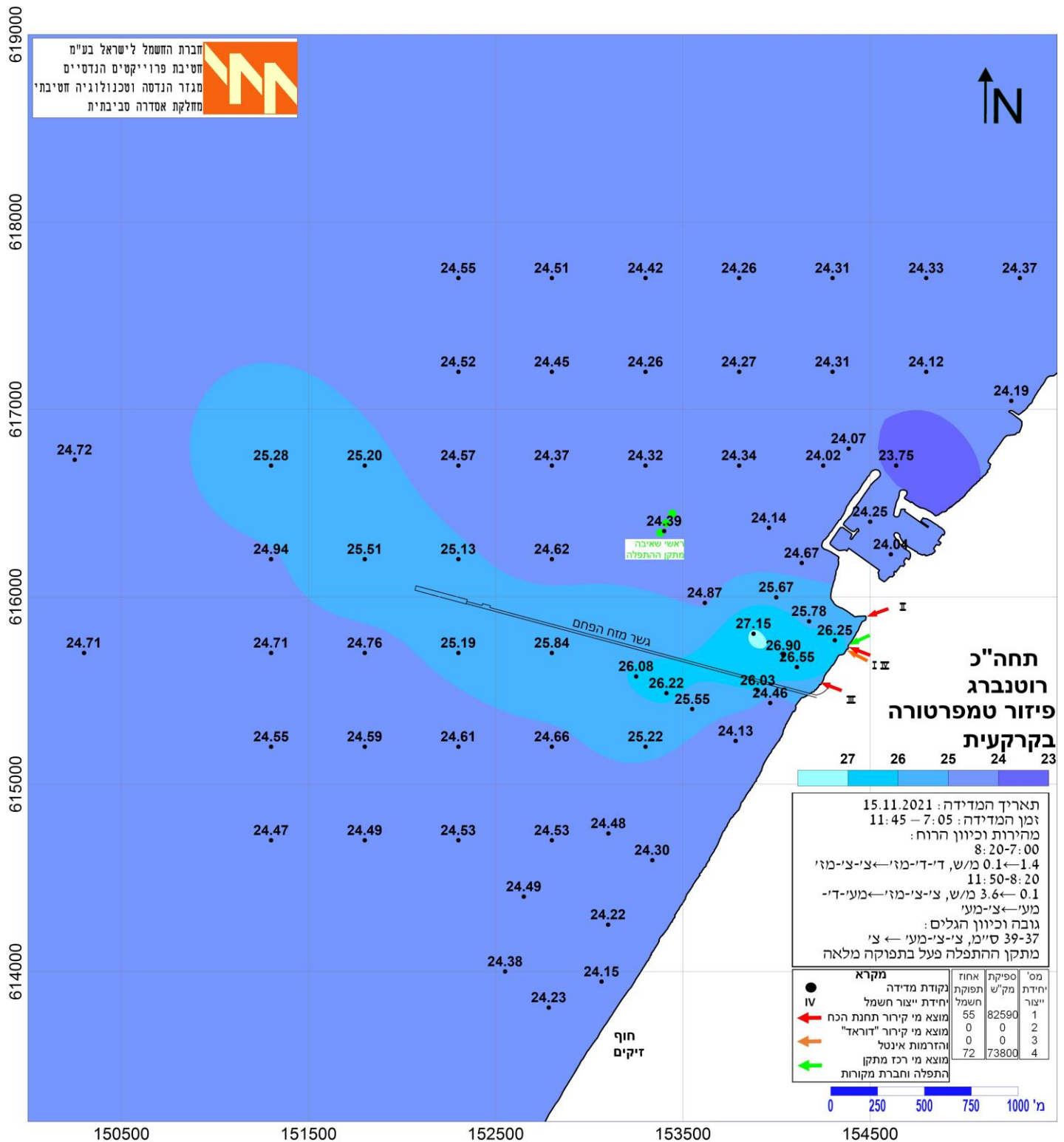
איור 2.5: פיזור טמפרטורה (°C) בפני המים (עומק 0.5 מ') באזור הניטור בסתיו (15.11.21).



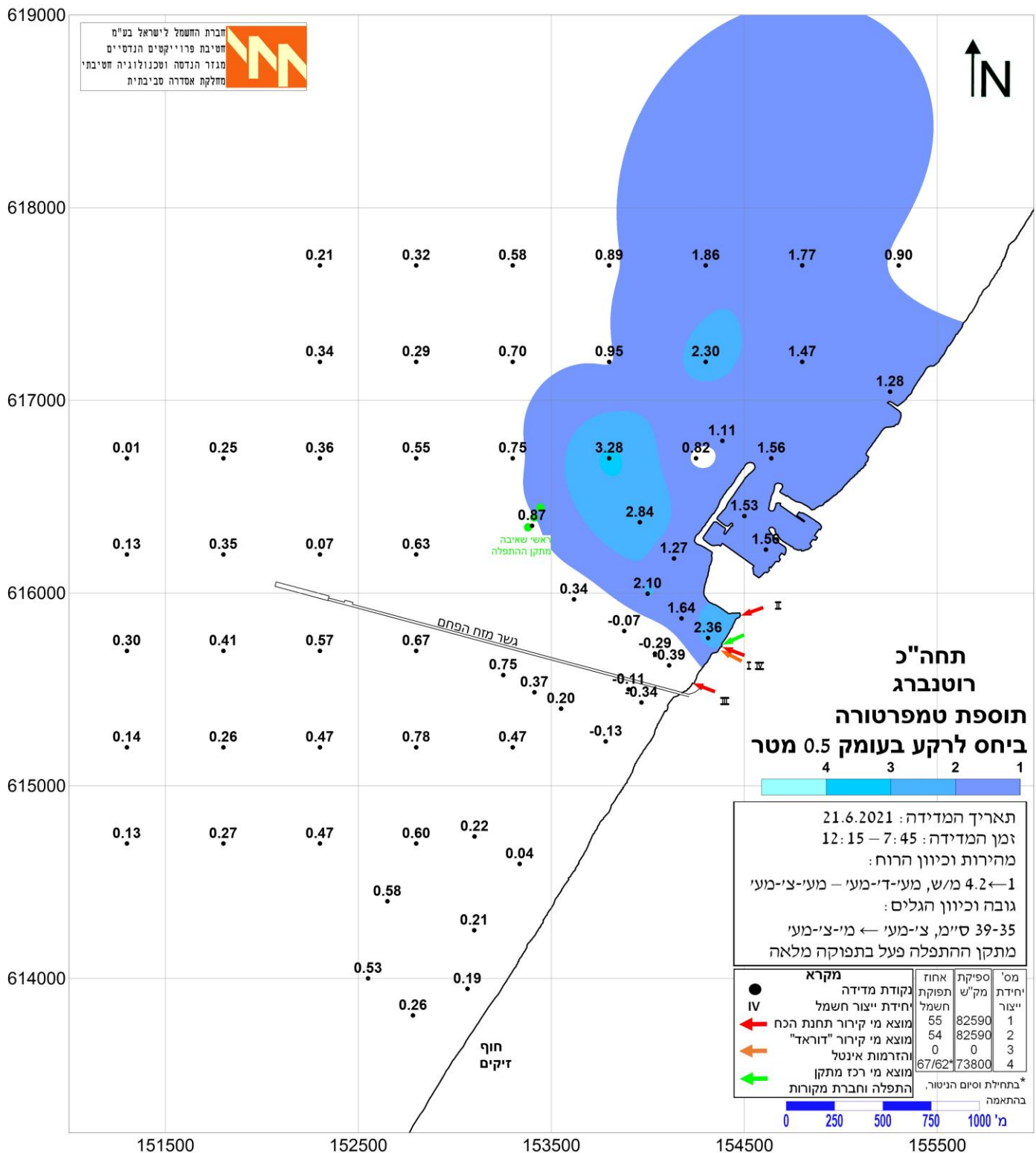
איור 2.6: פיזור טמפרטורה (°C) בעומק 2 מ' באזור הניטור בסתיו (15.11.21).



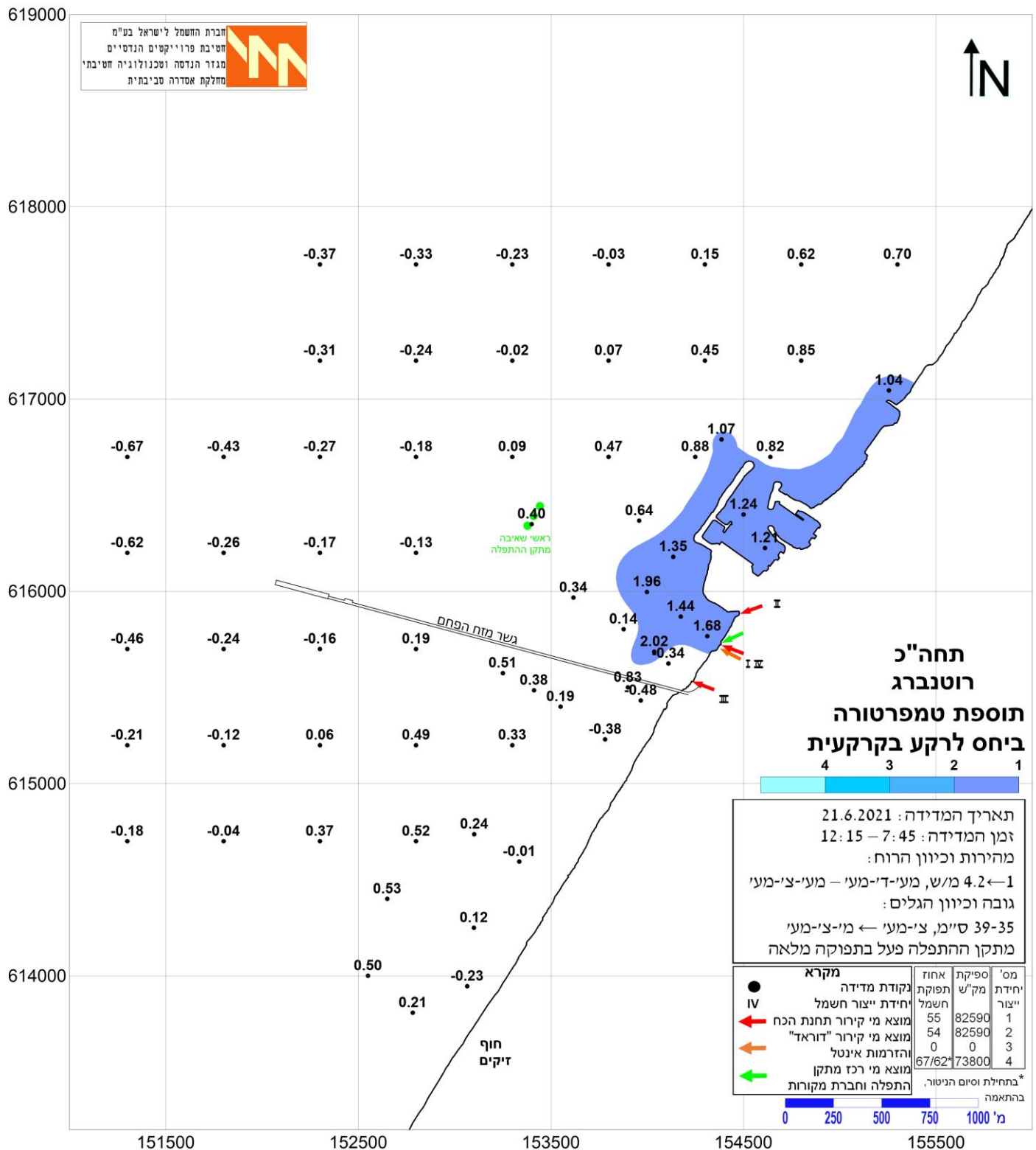
איור 2.7: פיזור טמפרטורה (°C) בסמוך לקרקעית באזור הניטור בסתיו (15.11.21).



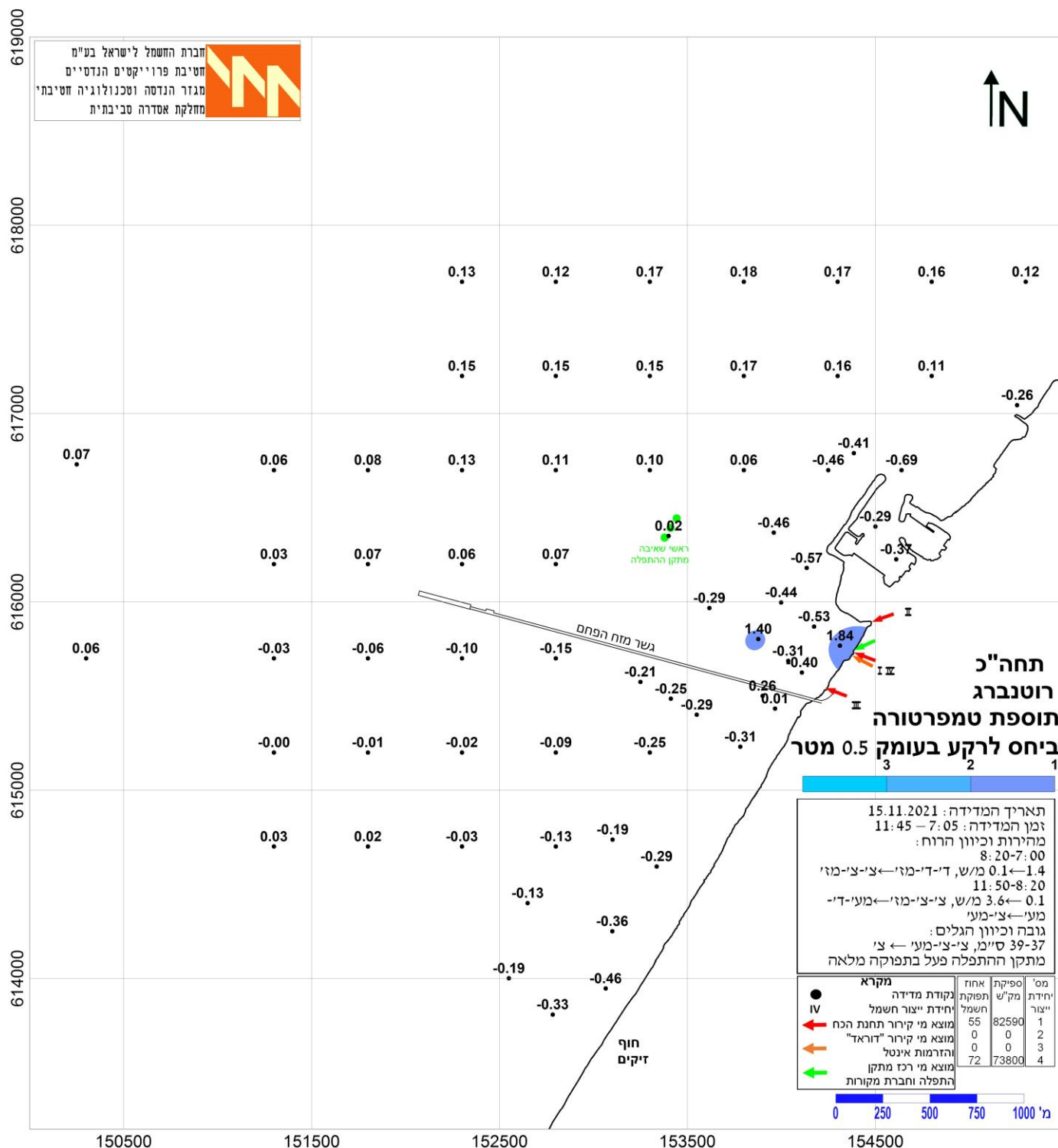
איור 2.8: תוספת הטמפרטורה ביחס לרקע ( $\Delta T$ , °C) בפני המים (עומק 0.5 מ') באביב (21.6.21).



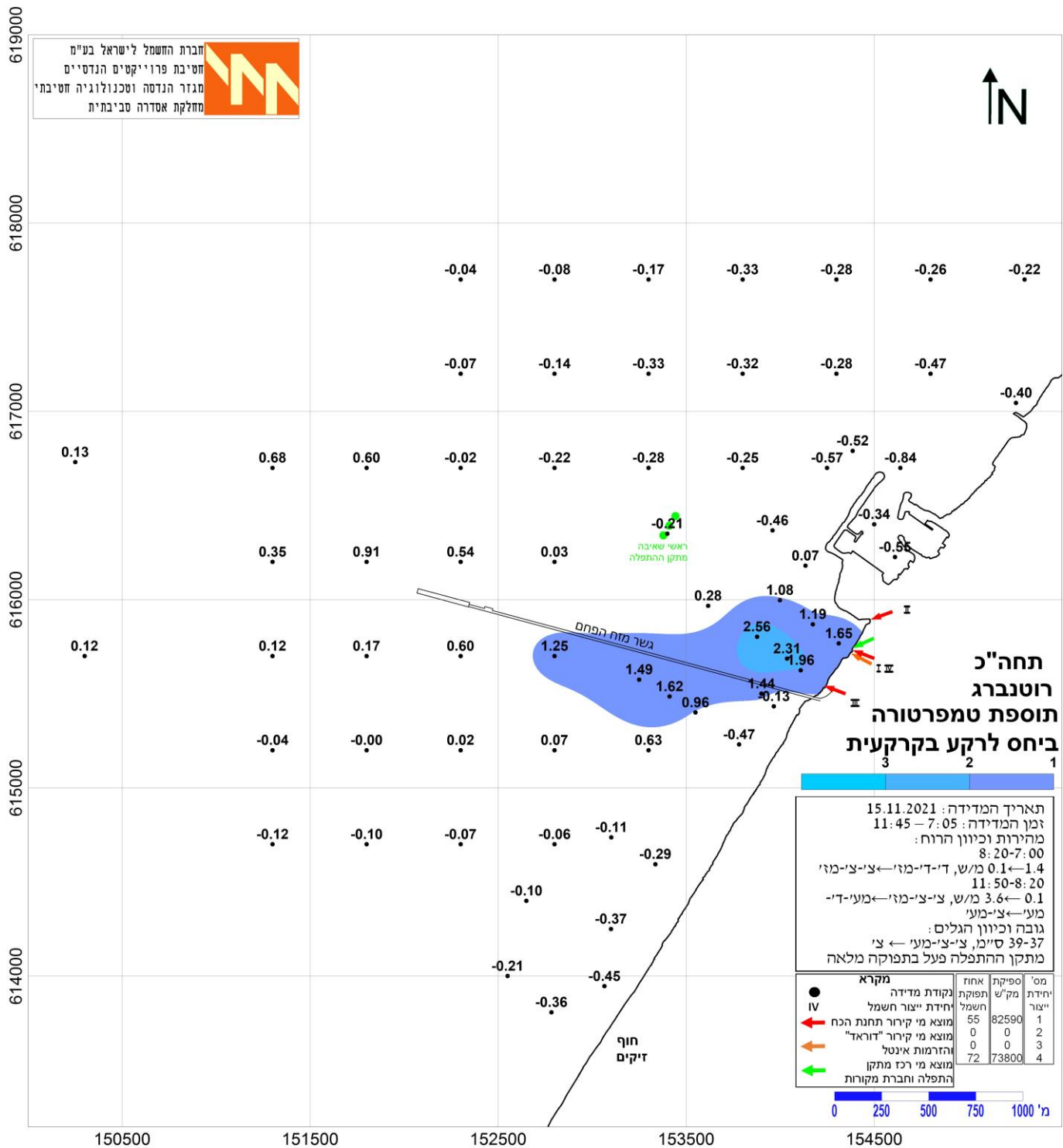
איור 2.9: תוספת הטמפרטורה ביחס לרקע ( $^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta T$ ) בסמוך לקרקעית באביב (21.6.21).



איור 2.10: תוספת הטמפרטורה ביחס לרקע ( $\Delta T$ , °C) בפני המים (עומק 0.5 מ') בסתיו (21.11.21).

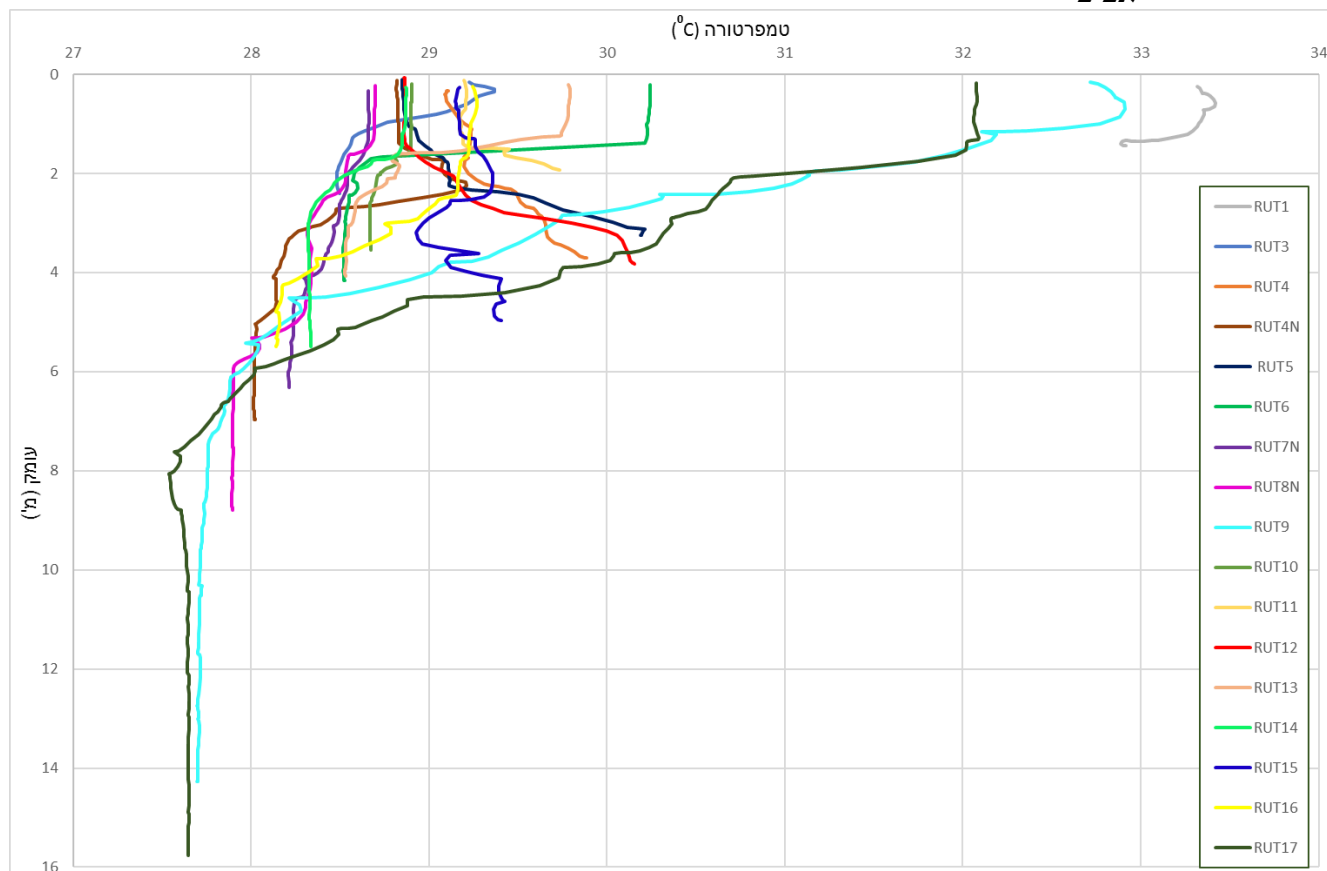


איור 2.11: תוספת הטמפרטורה ביחס לרקע ( $\Delta T$ , °C) בסמוך לקרקעית בסתיו (15.11.21).

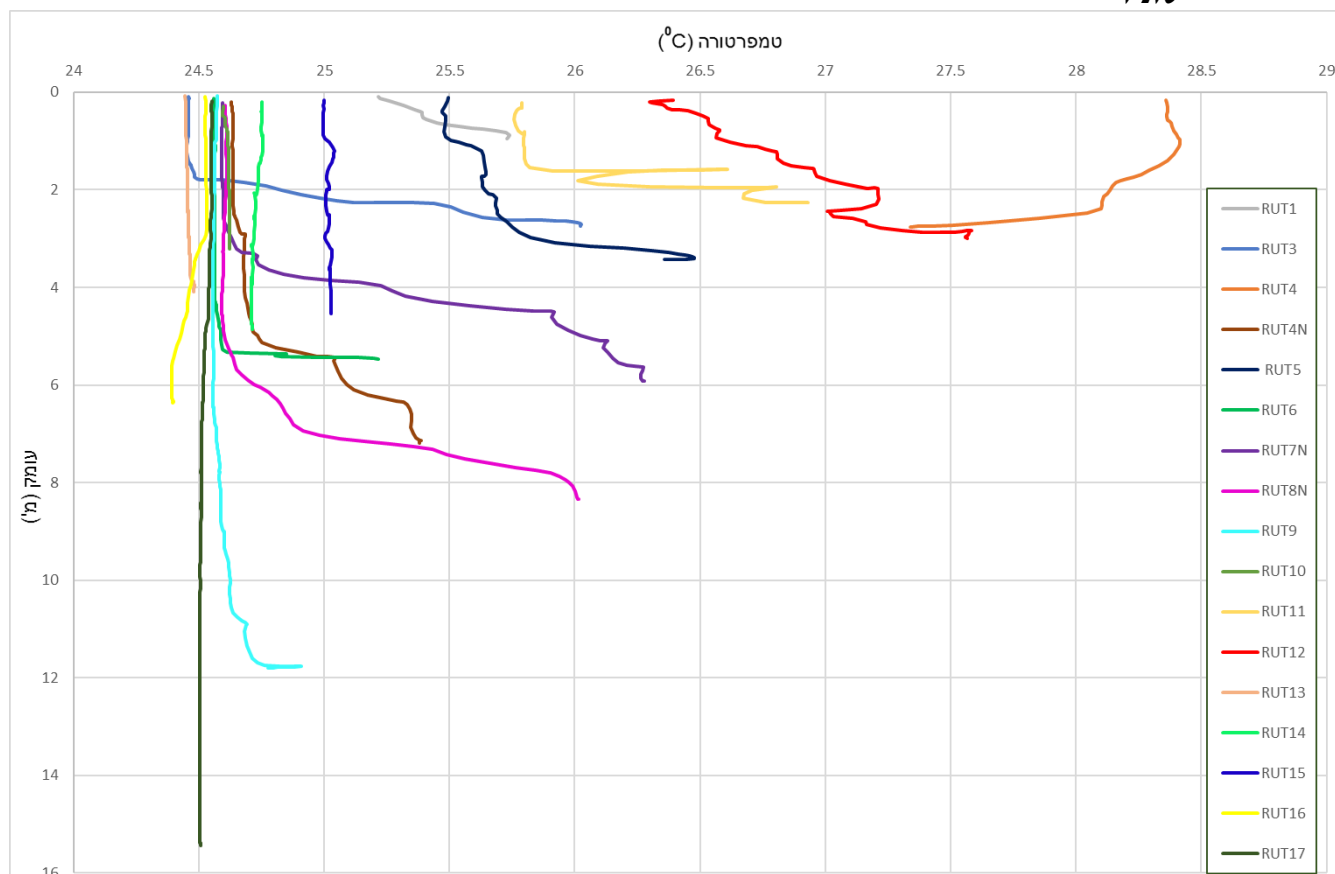


**איור 2.12: פרופילי עומק של טמפרטורה בנקודות RUT: באביב (23.6) ובסתיו (14.11) 2021 .**

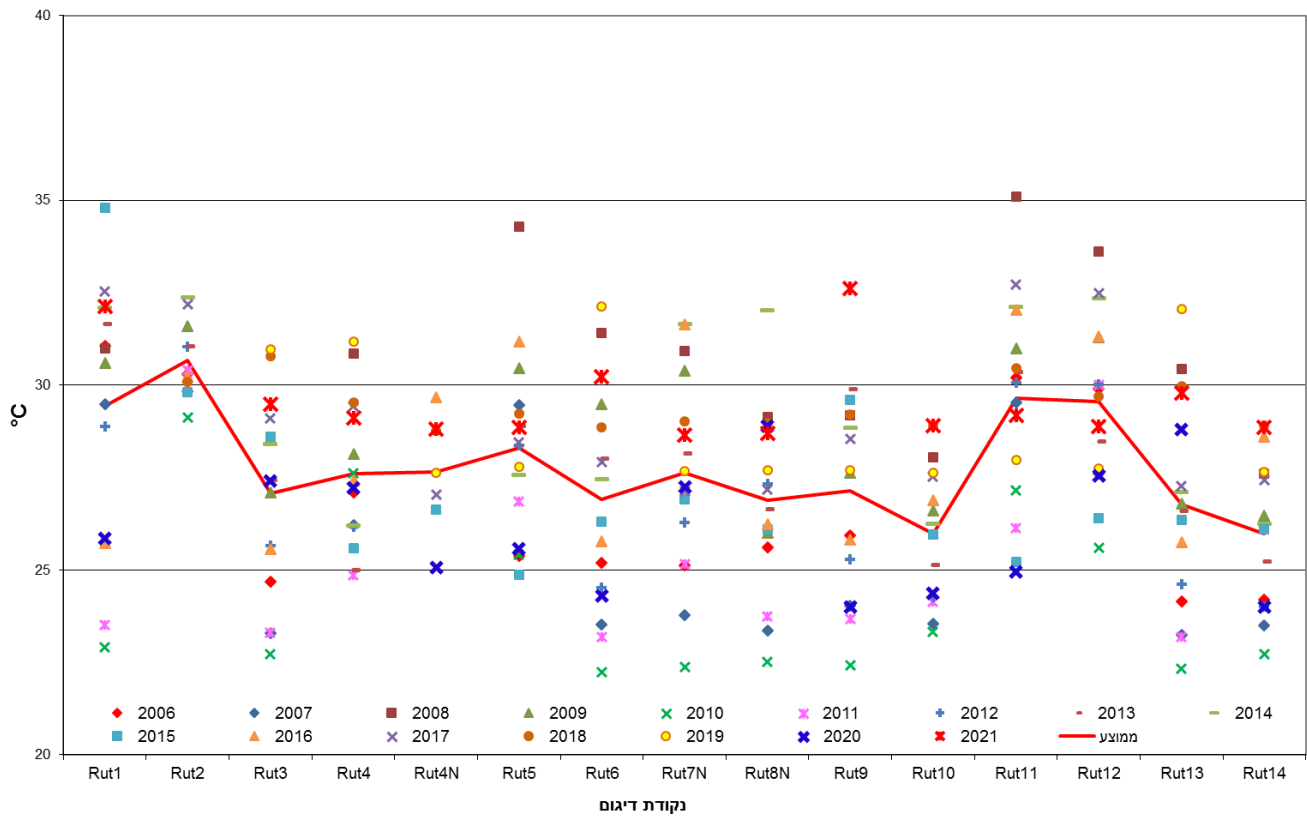
**אביב**



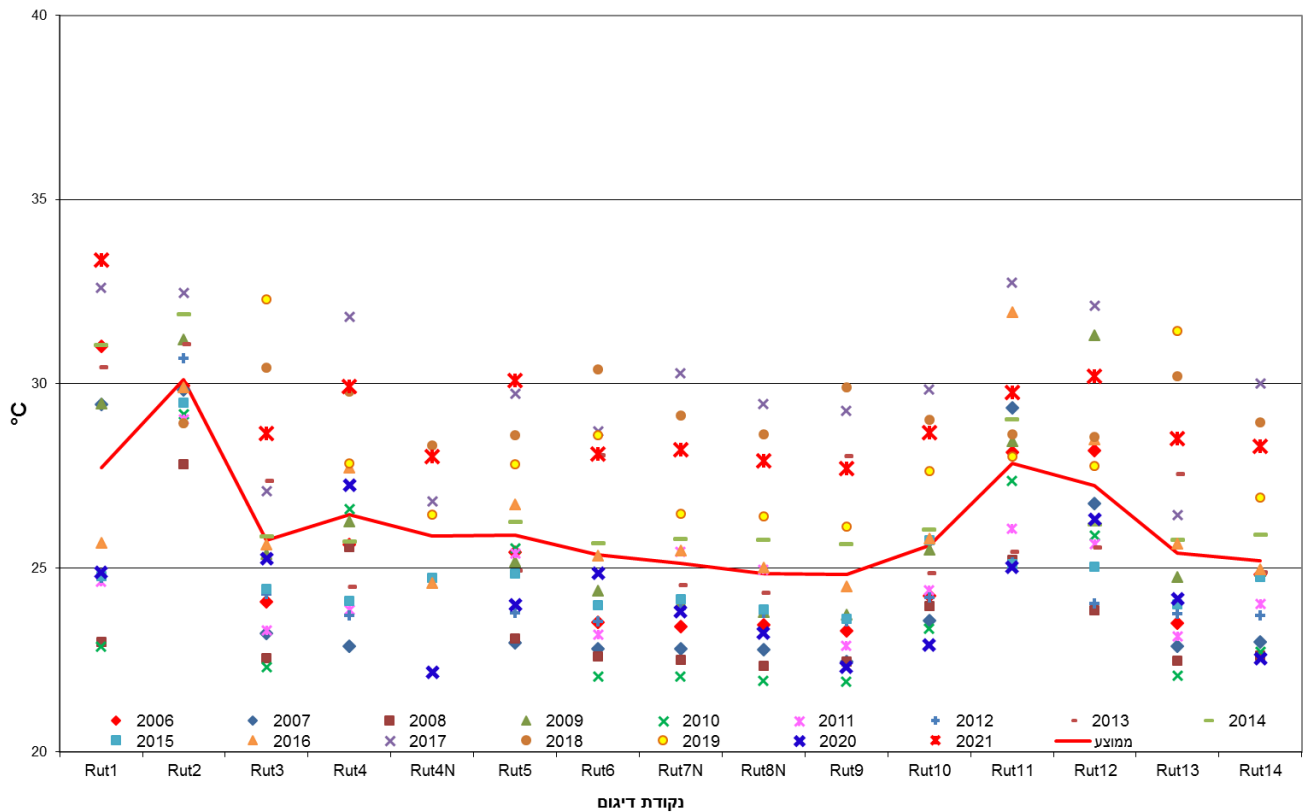
**סתיו**



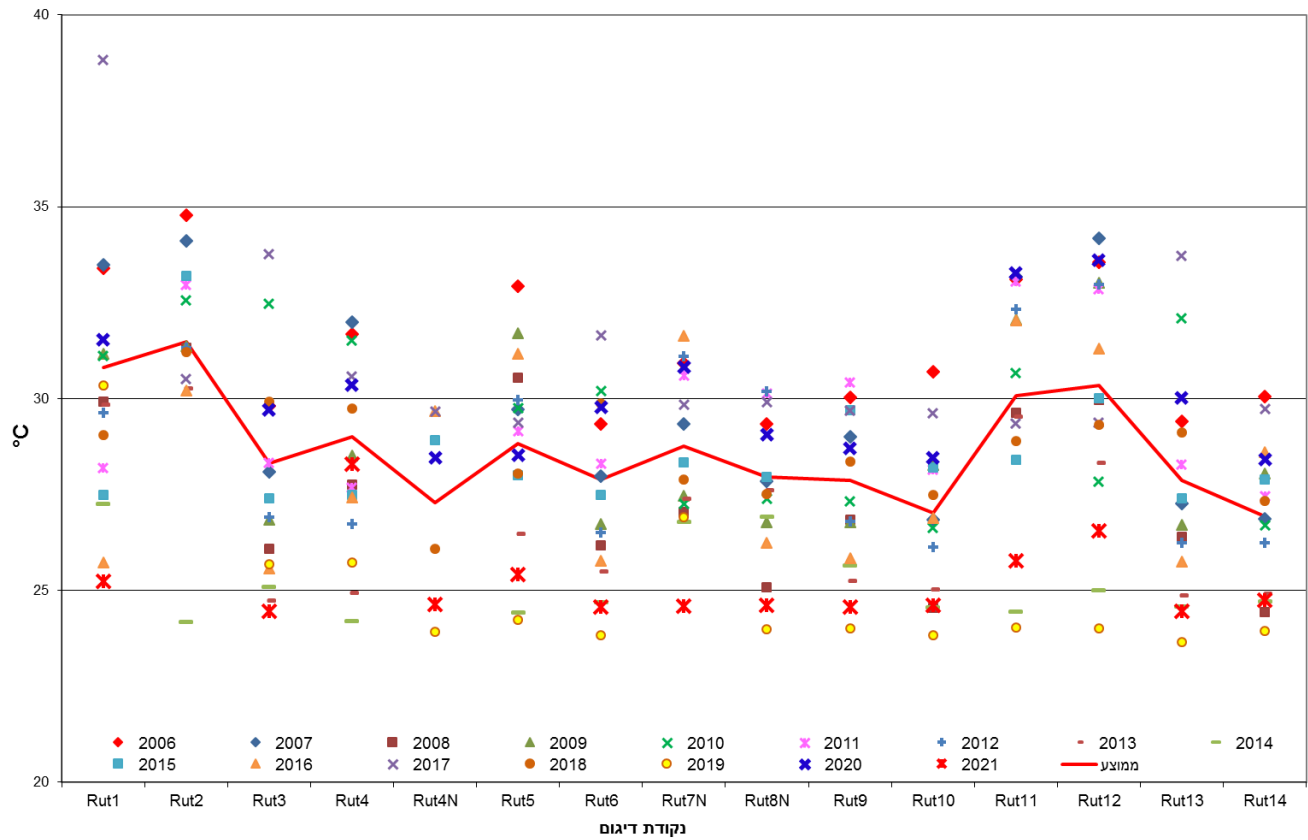
איור 2.13: טמפרטורה בנקודות RUT בשנים 2006-2021 - אביב, פני המים.



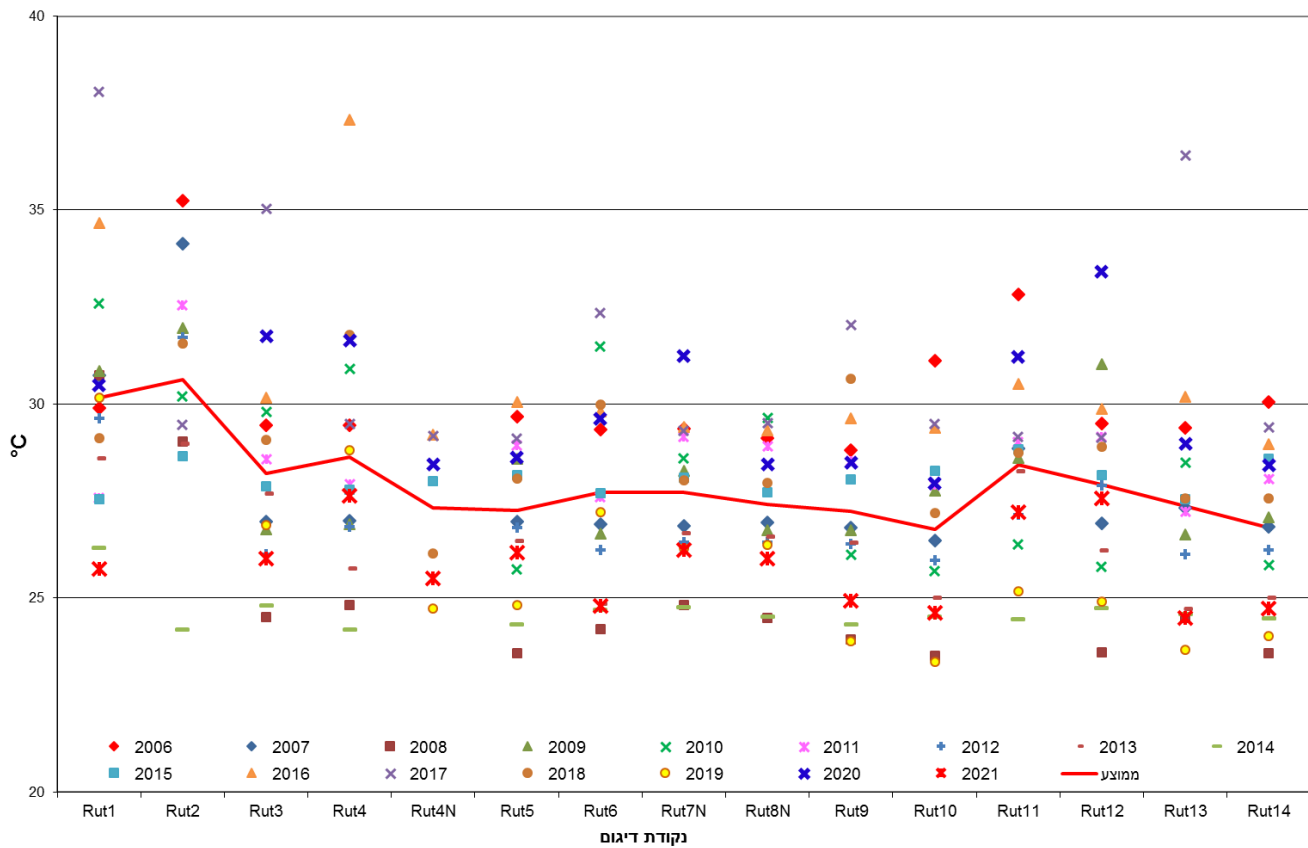
איור 2.14: טמפרטורה בנקודות RUT בשנים 2006-2021 - אביב, סמוך לקרקעית.



איור 2.15 : טמפרטורה בנקודות RUT בשנים 2006-2021 - סתיו, פני המים.



איור 2.16 : טמפרטורה בנקודות RUT בשנים 2006-2021 - סתיו, סמוך לקרקעית.



טבלה 2.8: איכות מי הים, חורף (2.2) 2021.\*

| Station | Depth | Temp  | Salin.  | Turb. | O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> |        | NH <sub>4</sub> |       | TN   |        | PO <sub>4</sub> |        | TOP   |        | TP   |        | Si(OH) <sub>4</sub> |         | Chl-a |
|---------|-------|-------|---------|-------|----------------|----------------|-----------------------------------|--------|-----------------|-------|------|--------|-----------------|--------|-------|--------|------|--------|---------------------|---------|-------|
|         | m     | °C    |         | NTU   | mg/L           | Sat %          | μM                                | mg/L N | μM              | mg/LN | μM   | mg/L N | μM              | mg/L P | μM    | mg/L P | μM   | mg/L P | μM                  | mg/L Si | μg/L  |
| RUT-1   | 0.62  | 23.73 | 39.01   | 0.69  | 7.54           | 111.8          | 14                                | 0.204  | 0.47            | 0.007 | 19.6 | 0.274  | 0.11            | 0.0035 | 0.208 | 0.006  | 0.32 | 0.010  | 9.9                 | 0.27    | 0.13  |
| RUT-3   | 0.48  | 20.29 | 39.27   | 1.60  | 7.44           | 103.9          | 2.9                               | 0.040  | 0.38            | 0.005 | 9.04 | 0.127  | 0.12            | 0.0036 | 0.153 | 0.005  | 0.27 | 0.008  | 4.0                 | 0.11    | 0.35  |
| RUT-4   | 0.52  | 23.49 | 39.09   | 1.11  | 7.53           | 111.3          | 14                                | 0.195  | 0.78            | 0.011 | 19.8 | 0.277  | 0.15            | 0.0047 | 0.206 | 0.006  | 0.36 | 0.011  | 9.2                 | 0.26    | 0.16  |
| RUT-5   | 0.50  | 20.74 | 39.78** | 0.95  | 7.53           | 106.3          | 4.6                               | 0.065  | 0.45            | 0.006 | 11.4 | 0.159  | 0.047           | 0.0015 | 0.265 | 0.008  | 0.31 | 0.010  | 4.2                 | 0.12    | 0.42  |
| RUT-6   | 0.53  | 20.25 | 39.21   | 1.11  | 7.52           | 105.0          | 5.3                               | 0.074  | 0.52            | 0.007 | 12.3 | 0.172  | 0.055           | 0.0017 | 0.145 | 0.004  | 0.20 | 0.006  | 5.0                 | 0.14    | 0.32  |
|         | 5.42  | 18.59 | 39.18   | 1.49  | 7.63           | 103.2          | 0.39                              | 0.005  | 0.23            | 0.003 | 8.54 | 0.120  | 0.036           | 0.0011 | 0.042 | 0.001  | 0.08 | 0.002  | 1.5                 | 0.041   | 0.56  |
| RUT-7N  | 0.59  | 20.92 | 39.21   | 0.23  | 7.50           | 105.9          | 9.9                               | 0.138  | 0.74            | 0.010 | 16.6 | 0.233  | 0.12            | 0.0036 | 0.141 | 0.004  | 0.26 | 0.008  | 6.9                 | 0.19    | 0.38  |
|         | 6.20  | 18.54 | 39.17   | 2.82  | 7.64           | 103.2          | 0.57                              | 0.008  | 0.33            | 0.005 | 8.22 | 0.115  | 0.049           | 0.0015 | 0.045 | 0.001  | 0.09 | 0.003  | 2.3                 | 0.064   | 0.54  |
| RUT-8N  | 0.53  | 20.80 | 39.25   | 1.64  | 7.53           | 106.1          | 4.6                               | 0.064  | 0.49            | 0.007 | 12.8 | 0.179  | 0.063           | 0.0020 | 0.145 | 0.004  | 0.21 | 0.006  | 4.2                 | 0.12    | 0.40  |
|         | 8.73  | 18.52 | 39.16   | 1.34  | 7.67           | 103.6          | 0.38                              | 0.005  | 0.11            | 0.002 | 8.41 | 0.118  | 0.054           | 0.0017 | 0.021 | 0.001  | 0.08 | 0.002  | 1.7                 | 0.046   | 0.57  |
| RUT-9   | 0.57  | 22.19 | 39.14   | 1.18  | 7.58           | 109.5          | 10                                | 0.142  | 0.80            | 0.011 | 17.7 | 0.248  | 0.083           | 0.0026 | 0.178 | 0.006  | 0.26 | 0.008  | 7.4                 | 0.21    | 0.40  |
|         | 15.00 | 18.46 | 39.16   | 0.95  | 7.61           | 102.7          | 0.22                              | 0.003  | 0.17            | 0.002 | 8.42 | 0.118  | 0.051           | 0.0016 | 0.032 | 0.001  | 0.08 | 0.003  | 1.9                 | 0.054   | 0.54  |
| RUT-10  | 0.59  | 19.08 | 39.26   | 2.44  | 7.59           | 103.7          | 2                                 | 0.026  | 0.25            | 0.004 | 9.41 | 0.132  | 0.10            | 0.0031 | 0.065 | 0.002  | 0.17 | 0.005  | 3.0                 | 0.085   | 0.51  |
| RUT-11  | 0.60  | 21.43 | 39.20   | 1.26  | 7.46           | 106.3          | 4                                 | 0.049  | 0.45            | 0.006 | 12.1 | 0.169  | 0.081           | 0.0025 | 0.050 | 0.002  | 0.13 | 0.004  | 4.1                 | 0.11    | 0.43  |
| RUT-12  | 0.67  | 19.57 | 39.17   | 1.18  | 7.56           | 104.1          | 5                                 | 0.070  | 0.49            | 0.007 | 12.3 | 0.172  | 0.099           | 0.0031 | 0.094 | 0.003  | 0.19 | 0.006  | 4.2                 | 0.12    | 0.24  |
| RUT-13  | 0.49  | 20.29 | 39.19   | 1.22  | 7.54           | 105.3          | 4.4                               | 0.061  | 0.36            | 0.005 | 11.1 | 0.155  | 0.073           | 0.0023 | 0.046 | 0.001  | 0.12 | 0.004  | 4.4                 | 0.12    | 0.35  |
|         | 4.27  | 18.76 | 39.19   | 1.18  | 7.62           | 103.4          | 1.6                               | 0.023  | 0.36            | 0.005 | 8.56 | 0.120  | 0.051           | 0.0016 | 0.071 | 0.002  | 0.12 | 0.004  | 3.0                 | 0.083   | 0.39  |
| RUT-17  | 0.71  | 18.80 | 39.14   | 1.22  | 7.63           | 103.6          | 0.19                              | 0.003  | 0.18            | 0.003 | 8.78 | 0.123  | 0.042           | 0.0013 | 0.125 | 0.004  | 0.17 | 0.005  | 1.8                 | 0.051   | 0.39  |

ריכוזי נוטריאנטים במונט נטוי הם בין גבול הגילוי לגבול הכימות של השיטה.

\* בשעות הניטור מתקן ההתפלה לא פעל (לא היה ייצור מים אבל סוחרו מי ים והוזרמו לים מי שטיפות). ההזרמה של מי הרכז ממתקני התפלת מים מליחים מקידוחים נמשכה.

\*\* ערך חריג החשוד כשגוי (לא סביר ביחס למליחות בנקודות האחרות ואינו ותואם לטמפרטורה של הדגימה).

טבלה 2.9: איכות מי הים, אביב (23.6) 2021.

| Station | Depth | Temp  | Salin | $\Delta S^*$ | Turb | O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | TSS  | NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> |        | NH <sub>4</sub> |        | TN  |        | PO <sub>4</sub> |        | TOP  |        | TP   |        | Si(OH) <sub>4</sub> |         | TOC  | Chl-a |
|---------|-------|-------|-------|--------------|------|----------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|-----------------|--------|-----|--------|-----------------|--------|------|--------|------|--------|---------------------|---------|------|-------|
|         | m     | °C    |       | %            | NTU  | mg/L           | Sat %          | mg/L | μM                                | mg/L N | μM              | mg/L N | μM  | mg/L N | μM              | mg/L P | μM   | mg/L P | μM   | mg/L P | μM                  | mg/L Si | mg/L | μg/L  |
| RUT-1   | 0.63  | 32.13 | 40.80 | 3.1          | 1.41 | 6.20           | 106.4          | 2.63 | 11                                | 0.15   | 1.1             | 0.016  | 24  | 0.333  | 0.181           | 0.006  | 0.71 | 0.022  | 0.90 | 0.028  | 12                  | 0.32    | 1.18 | 0.76  |
| RUT-3   | 0.48  | 29.49 | 40.05 | 1.2          | 2.52 | 6.06           | 99.3           | 2.84 | 3.3                               | 0.046  | 0.89            | 0.012  | 14  | 0.199  | 0.143           | 0.004  | 0.40 | 0.013  | 0.55 | 0.017  | 6.8                 | 0.19    | 1.22 | 0.83  |
| RUT-4   | 0.49  | 29.12 | 40.13 | 1.4          | 1.34 | 6.22           | 101.4          | 1.71 | 1.7                               | 0.023  | 0.43            | 0.006  | 13  | 0.181  | 0.097           | 0.003  | 0.25 | 0.008  | 0.35 | 0.011  | 3.8                 | 0.11    | 1.13 | 0.99  |
| RUT-4N  | 0.57  | 28.82 | 39.86 | 0.7          | 2.52 | 6.27           | 101.6          | 2.29 | 0.62                              | 0.009  | 0.08            | 0.001  | 11  | 0.152  | 0.078           | 0.002  | 0.17 | 0.006  | 0.26 | 0.008  | 3.9                 | 0.11    | 1.22 | 0.87  |
|         | 6.62  | 28.02 | 39.71 | 0.3          | 1.26 | 6.14           | 98.2           | 2.18 | 1.4                               | 0.019  | 0.12            | 0.001  | 11  | 0.158  | 0.081           | 0.003  | 0.16 | 0.005  | 0.24 | 0.008  | 4.1                 | 0.12    | 1.08 | 0.94  |
| RUT-5   | 0.48  | 28.87 | 39.95 | 0.9          | 0.76 | 6.23           | 101.1          | 1.93 | 0.86                              | 0.012  | 0.41            | 0.005  | 11  | 0.152  | 0.062           | 0.002  | 0.24 | 0.008  | 0.31 | 0.010  | 4.8                 | 0.14    | 1.27 | 0.83  |
| RUT-6   | 0.53  | 30.22 | 40.23 | 1.6          | 1.07 | 6.19           | 102.8          | 2.69 | 6.5                               | 0.091  | 0.71            | 0.009  | 15  | 0.207  | 0.154           | 0.005  | 0.33 | 0.011  | 0.49 | 0.015  | 8.9                 | 0.25    | 1.12 | 0.76  |
|         | 4.97  | 28.10 | 39.72 | 0.3          | 2.52 | 6.33           | 101.3          | 2.30 | 1.0                               | 0.015  | 0.20            | 0.002  | 13  | 0.179  | 0.071           | 0.002  | 0.25 | 0.008  | 0.33 | 0.010  | 8.0                 | 0.22    | 1.17 | 0.92  |
| RUT-7N  | 0.53  | 28.66 | 39.84 | 0.6          | 0.42 | 6.23           | 100.8          | 2.35 | 0.98                              | 0.014  | 0.14            | 0.002  | 13  | 0.187  | 0.068           | 0.002  | 0.23 | 0.007  | 0.31 | 0.010  | 4.6                 | 0.13    | 1.28 | 0.79  |
|         | 5.95  | 28.21 | 39.75 | 0.4          | 1.14 | 6.12           | 98.1           | 2.32 | 0.31                              | 0.0043 | 0.36            | 0.005  | 11  | 0.153  | 0.093           | 0.003  | 0.16 | 0.005  | 0.26 | 0.008  | 8.0                 | 0.23    | 1.09 | 0.89  |
| RUT-8N  | 0.56  | 28.69 | 39.86 | 0.7          | 0.76 | 6.23           | 100.7          | 2.21 | 0.50                              | 0.0070 | 0.07            | 0.001  | 10  | 0.143  | 0.110           | 0.003  | 0.15 | 0.005  | 0.27 | 0.008  | 6.2                 | 0.17    | 1.03 | 0.74  |
|         | 8.29  | 27.90 | 39.69 | 0.3          | 1.34 | 6.13           | 97.8           | 2.2  | 0.32                              | 0.0045 | 0.28            | 0.003  | 9.5 | 0.133  | 0.076           | 0.002  | 0.13 | 0.005  | 0.21 | 0.007  | 5.1                 | 0.14    | 1.03 | 0.85  |
| RUT-9   | 0.67  | 32.63 | 41.30 | 4.3          | 1.49 | 6.34           | 109.9          | 2.84 | 11                                | 0.16   | 1.5             | 0.022  | 23  | 0.325  | 0.188           | 0.006  | 0.60 | 0.019  | 0.79 | 0.025  | 11                  | 0.30    | 1.21 | 0.71  |
|         | 13.75 | 27.69 | 39.65 | 0.1          | 1.37 | 5.98           | 95.1           | 2.25 | 0.82                              | 0.011  | 0.47            | 0.006  | 10  | 0.145  | 0.096           | 0.003  | 0.17 | 0.005  | 0.27 | 0.008  | 6.7                 | 0.19    | 0.96 | 0.79  |
| RUT-10  | 0.54  | 28.90 | 39.84 | 0.6          | 1.37 | 6.26           | 101.6          | 2.21 | 1.0                               | 0.014  | 0.28            | 0.003  | 13  | 0.186  | 0.082           | 0.003  | 0.21 | 0.007  | 0.30 | 0.009  | 4.0                 | 0.11    | 1.21 | 0.97  |
| RUT-11  | 0.67  | 29.19 | 40.19 | 1.5          | 1.14 | 6.30           | 102.9          | 2.57 | 1.6                               | 0.023  | 0.36            | 0.005  | 12  | 0.173  | 0.074           | 0.002  | 0.28 | 0.009  | 0.36 | 0.011  | 4.4                 | 0.12    | 1.16 | 1.08  |
| RUT-12  | 0.45  | 28.88 | 39.99 | 1.0          | 1.49 | 6.29           | 102.0          | 2.92 | 1.4                               | 0.019  | 0.21            | 0.002  | 16  | 0.222  | 0.083           | 0.003  | 0.24 | 0.008  | 0.33 | 0.010  | 4.2                 | 0.12    | 1.04 | 0.93  |
| RUT-13  | 0.67  | 29.78 | 40.18 | 1.5          | 1.22 | 6.26           | 103.1          | 2.47 | 3.0                               | 0.042  | 0.30            | 0.004  | 13  | 0.181  | 0.078           | 0.002  | 0.36 | 0.011  | 0.44 | 0.014  | 6.7                 | 0.19    | 1.12 | 0.92  |
|         | 3.79  | 28.52 | 39.86 | 0.7          | 1.45 | 6.24           | 100.6          | 2.44 | 1.1                               | 0.016  | 0.27            | 0.003  | 12  | 0.161  | 0.067           | 0.002  | 0.27 | 0.008  | 0.34 | 0.010  | 7.1                 | 0.20    | 1.12 | 0.89  |
| RUT-14  | 0.61  | 28.86 | 39.82 | 0.6          | 1.41 | 6.28           | 101.9          | 1.90 | 0.41                              | 0.0057 | 0.19            | 0.002  | 11  | 0.149  | 0.077           | 0.002  | 0.20 | 0.006  | 0.28 | 0.009  | 5.0                 | 0.14    | 1.21 | 0.97  |
|         | 4.39  | 28.31 | 39.75 | 0.4          | 1.37 | 6.21           | 99.8           | 2.23 | 0.44                              | 0.0062 | 0.30            | 0.004  | 10  | 0.143  | 0.069           | 0.002  | 0.14 | 0.005  | 0.22 | 0.007  | 3.9                 | 0.11    | 1.02 | 0.91  |
| RUT-17  | 0.60  | 32.07 | 41.22 | 4.1          | 1.37 | 6.27           | 107.7          | 3.09 | 10                                | 0.14   | 0.49            | 0.006  | 23  | 0.335  | 0.160           | 0.005  | 0.55 | 0.017  | 0.71 | 0.022  | 11                  | 0.31    | 1.02 | 0.73  |

ריכוזי נוטריאנטים במונט נטוי הם בין גבול הגילוי לגבול הכימות של השיטה.  
 $\Delta S^* =$  תוספת מליחות מעל הרקע הטבעי.

טבלה 2.10: איכות מי הים, קיץ (15.8) 2021.

| Station | Depth | Temp  | Salin. | Turb. | O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> |        | NH <sub>4</sub> |          | TN  |        | PO <sub>4</sub> |        | TOP  |        | TP   |        | Si(OH) <sub>4</sub> |         | Chl-a |
|---------|-------|-------|--------|-------|----------------|----------------|-----------------------------------|--------|-----------------|----------|-----|--------|-----------------|--------|------|--------|------|--------|---------------------|---------|-------|
|         | m     | °C    |        | NTU   | mg/L           | Sat %          | μM                                | mg/L N | μM              | mg/L N   | μM  | mg/L N | μM              | mg/L P | μM   | mg/L P | μM   | mg/L P | μM                  | mg/L Si | μg/L  |
| RUT-3   | 0.56  | 34.94 | 41.83  | 1.68  | 6.17           | 111.0          | 18                                | 0.25   | 1.1             | 0.015    | 31  | 0.435  | 0.18            | 0.006  | 0.95 | 0.030  | 1.1  | 0.035  | 14                  | 0.40    | 0.88  |
| RUT-4   | 0.51  | 32.15 | 40.08  | 1.45  | 6.12           | 104.5          | 4.0                               | 0.055  | 0.56            | 0.0078   | 14  | 0.196  | 0.12            | 0.004  | 0.38 | 0.012  | 0.50 | 0.016  | 9.4                 | 0.26    | 0.45  |
| RUT-4N  | 0.54  | 31.47 | 39.44  | 0.69  | 6.27           | 105.7          | 0.16                              | 0.0022 | 0.14            | 0.0020   | 10  | 0.144  | 0.12            | 0.004  | 0.17 | 0.006  | 0.29 | 0.009  | 6.6                 | 0.18    | 1.17  |
|         | 6.09  | 30.45 | 39.24  | 2.14  | 5.87           | 97.3           | 0.17                              | 0.0024 | 0.37            | 0.0052   | 8.9 | 0.124  | 0.08            | 0.002  | 0.07 | 0.002  | 0.15 | 0.004  | 4.9                 | 0.14    | 0.81  |
| RUT-5   | 0.54  | 33.00 | 40.26  | 1.30  | 6.21           | 107.6          | 4.2                               | 0.058  | 0.34            | 0.0048   | 16  | 0.220  | 0.11            | 0.003  | 0.52 | 0.016  | 0.64 | 0.020  | 11                  | 0.32    | 1.65  |
| RUT-6   | 0.59  | 33.80 | 40.27  | 1.34  | 6.04           | 105.9          | 6.0                               | 0.084  | 0.67            | 0.0094   | 15  | 0.212  | 0.15            | 0.005  | 0.46 | 0.014  | 0.61 | 0.019  | 9.4                 | 0.26    | 1.12  |
|         | 5.64  | 35.01 | 41.75  | 1.45  | 6.27           | 112.9          | 11                                | 0.15   | 0.54            | 0.0076   | 21  | 0.297  | 0.10            | 0.003  | 0.70 | 0.022  | 0.81 | 0.025  | 13                  | 0.36    | 1.05  |
| RUT-7N  | 0.60  | 33.24 | 40.37  | 1.11  | 6.20           | 107.9          | 4.3                               | 0.060  | 0.14            | 0.0020   | 14  | 0.202  | 0.13            | 0.004  | 0.42 | 0.013  | 0.55 | 0.017  | 9.3                 | 0.26    | 1.48  |
|         | 5.70  | 32.68 | 40.52  | 3.97  | 5.95           | 102.7          | 3.3                               | 0.046  | 0.16            | 0.0022   | 13  | 0.180  | 0.14            | 0.004  | 0.26 | 0.008  | 0.41 | 0.013  | 8.5                 | 0.24    | 1.45  |
| RUT-8N  | 0.44  | 31.96 | 39.70  | 2.44  | 6.13           | 104.2          | 1.7                               | 0.024  | 0.44            | 0.0062   | 11  | 0.159  | 0.10            | 0.003  | 0.23 | 0.007  | 0.33 | 0.010  | 7.5                 | 0.21    | 1.25  |
|         | 8.19  | 31.97 | 40.07  | 2.17  | 5.76           | 98.2           | 2.2                               | 0.031  | 0.34            | 0.0048   | 9.2 | 0.129  | 0.14            | 0.004  | 0.13 | 0.004  | 0.28 | 0.008  | 7.9                 | 0.22    | 0.97  |
| RUT-9   | 0.37  | 33.02 | 40.20  | 1.45  | 6.16           | 106.8          | 5.2                               | 0.072  | 0.53            | 0.0074   | 23  | 0.318  | 0.17            | 0.005  | 0.35 | 0.011  | 0.52 | 0.016  | 9.3                 | 0.26    | 1.27  |
|         | 13.74 | 32.92 | 40.49  | 2.75  | 5.84           | 101.2          | 6.4                               | 0.090  | 0.54            | 0.0076   | 15  | 0.213  | 0.12            | 0.004  | 0.46 | 0.014  | 0.59 | 0.018  | 9.5                 | 0.27    | 1.02  |
| RUT-10  | 0.44  | 31.51 | 39.46  | 1.30  | 6.27           | 105.8          | 0.15                              | 0.0021 | 0.14            | 0.0020   | 13  | 0.182  | 0.10            | 0.003  | 0.26 | 0.008  | 0.37 | 0.011  | 7.6                 | 0.21    | 1.43  |
| RUT-11  | 0.46  | 32.39 | 40.08  | 1.26  | 6.15           | 105.5          | 2.3                               | 0.033  | < 0.06          | < 0.0008 | 15  | 0.208  | 0.11            | 0.003  | 0.36 | 0.011  | 0.47 | 0.014  | 8.9                 | 0.25    | 1.73  |
| RUT-12  | 0.61  | 32.55 | 40.03  | 1.26  | 6.24           | 107.2          | 3.1                               | 0.043  | 0.25            | 0.0035   | 15  | 0.208  | 0.11            | 0.003  | 0.46 | 0.014  | 0.57 | 0.018  | 8.6                 | 0.24    | 1.65  |
| RUT-13  | 0.58  | 34.36 | 40.07  | 1.76  | 6.09           | 107.6          | 4.6                               | 0.064  | 0.97            | 0.014    | 14  | 0.199  | 0.15            | 0.005  | 0.38 | 0.012  | 0.53 | 0.017  | 9.2                 | 0.26    | 0.84  |
|         | 3.53  | 33.14 | 40.37  | 1.41  | 6.40           | 111.2          | 4.0                               | 0.056  | 0.33            | 0.0046   | 13  | 0.188  | 0.13            | 0.004  | 0.37 | 0.012  | 0.51 | 0.016  | 10                  | 0.28    | 1.24  |
| RUT-14  | 0.62  | 31.49 | 39.46  | 1.14  | 6.27           | 105.6          | 0.54                              | 0.0076 | 0.12            | 0.0017   | 12  | 0.168  | 0.14            | 0.004  | 0.23 | 0.007  | 0.37 | 0.012  | 7.8                 | 0.22    | 1.55  |
|         | 4.66  | 30.73 | 39.27  | 3.05  | 5.82           | 96.9           | 0.24                              | 0.0034 | 0.21            | 0.0029   | 9.1 | 0.127  | 0.13            | 0.004  | 0.17 | 0.005  | 0.30 | 0.009  | 5.9                 | 0.17    | 1.26  |
| RUT-17  | 0.45  | 31.84 | 39.65  | 1.18  | 6.12           | 103.9          | 2.1                               | 0.029  | 0.17            | 0.0024   | 11  | 0.158  | 0.11            | 0.003  | 0.19 | 0.006  | 0.30 | 0.009  | 7.0                 | 0.19    | 1.04  |

ריכוזי נוטריאנטים בפונט נטוי הם בין גבול הגילוי לגבול הכימות של השיטה.

טבלה 2.11: איכות מי הים, סתיו (14.11) 2021.

| Station | Depth | Temp  | Salinity | $\Delta S^*$ | Turb | O <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | TSS<br>** | NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> |           | NH <sub>4</sub> |           | TN  |           | PO <sub>4</sub> |           | TOP   |           | TP    |           | Si(OH) <sub>4</sub> |            | TOC  | Chl<br>-a |
|---------|-------|-------|----------|--------------|------|----------------|----------------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------------|-----------|-----|-----------|-----------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|---------------------|------------|------|-----------|
|         | m     | °C    |          | %            | NTU  | mg/L           | Sat %          | mg/L      | μM                                | mg/L<br>N | μM              | mg/L<br>N | μM  | mg/L<br>N | μM              | mg/L<br>P | μM    | mg/L<br>P | μM    | mg/L<br>P | μM                  | mg/L<br>Si | mg/L | μg/L      |
| RUT-1   | 0.63  | 25.24 | 40.46    | 2.2          | NTU  | mg/            | sat%           | mg/       | 6.8                               | 0.095     | 1.7             | 0.024     | 12  | 0.164     | 0.32            | 0.010     | 0.055 | 0.002     | 0.37  | 0.012     | 5.2                 | 0.15       | 0.61 | 0.30      |
| RUT-3   | 0.57  | 24.46 | 39.72    | 0.3          | 2.21 | 6.72           | 103.1          | 0.70      | 1.1                               | 0.015     | 0.52            | 0.0073    | 8.6 | 0.120     | 0.064           | 0.002     | 0.024 | 0.001     | 0.088 | 0.0027    | 2.9                 | 0.081      | 0.61 | 0.35      |
| RUT-4   | 0.47  | 28.29 | 41.57    | 5.0          | 0.11 | 6.67           | 100.5          | 0.40      | 12                                | 0.172     | 0.77            | 0.011     | 22  | 0.312     | 0.46            | 0.014     | 0.368 | 0.011     | 0.83  | 0.026     | 11                  | 0.31       | 0.69 | 0.18      |
| RUT-4N  | 0.56  | 24.63 | 39.69    | 0.2          | 3.05 | 6.90           | 111.8          | 0.97      | 0.62                              | 0.0087    | 0.60            | 0.0084    | 6.7 | 0.0935    | 0.048           | 0.001     | 0.062 | 0.002     | 0.11  | 0.0034    | 2.6                 | 0.073      | 0.65 | 0.35      |
|         | 6.87  | 25.50 | 40.24    | 1.6          | 0.61 | 6.68           | 100.9          | 2.91      | 2.8                               | 0.039     | 0.58            | 0.0081    | 8.9 | 0.125     | 0.075           | 0.002     | 0.135 | 0.004     | 0.21  | 0.0065    | 3.4                 | 0.095      | 0.61 | 0.33      |
| RUT-5   | 0.69  | 25.41 | 40.23    | 1.6          | 0.69 | 6.92           | 106.5          | 0.92      | 3.8                               | 0.053     | 0.60            | 0.0084    | 7.8 | 0.110     | 0.083           | 0.003     | 0.134 | 0.004     | 0.22  | 0.0067    | 4.1                 | 0.11       | 0.61 | 0.34      |
| RUT-6   | 0.55  | 24.56 | 39.69    | 0.2          | 0.95 | 6.76           | 103.7          | 0.55      | 0.32                              | 0.0045    | 0.47            | 0.0066    | 6.4 | 0.090     | 0.056           | 0.002     | 0.019 | 0.001     | 0.075 | 0.0023    | 2.3                 | 0.065      | 0.64 | 0.35      |
|         | 5.36  | 24.79 | 39.78    | 0.5          | 0.80 | 6.87           | 103.6          | 0.57      | 0.53                              | 0.0074    | 0.39            | 0.0055    | 6.9 | 0.0962    | 0.064           | 0.002     | 0.037 | 0.001     | 0.10  | 0.0031    | 2.0                 | 0.055      | 0.95 | 0.34      |
| RUT-7N  | 0.60  | 24.59 | 39.69    | 0.2          | 1.03 | 7.18           | 108.8          | 1.22      | 2.3                               | 0.032     | 0.37            | 0.0052    | 6.4 | 0.089     | 0.034           | 0.001     | 0.017 | 0.001     | 0.051 | 0.0016    | 2.4                 | 0.067      | 0.79 | 0.36      |
|         | 5.81  | 26.24 | 40.65    | 2.7          | 0.69 | 6.71           | 101.3          | 0.82      | 4.4                               | 0.061     | 0.79            | 0.011     | 10  | 0.145     | 0.20            | 0.006     | 0.083 | 0.003     | 0.28  | 0.0086    | 4.3                 | 0.12       | 0.63 | 0.32      |
| RUT-8N  | 0.49  | 24.61 | 39.68    | 0.2          | 2.67 | 6.97           | 108.9          | 0.46      | 0.27                              | 0.0038    | 0.50            | 0.0070    | 6.4 | 0.0899    | 0.038           | 0.001     | 0.024 | 0.001     | 0.062 | 0.0019    | 2.0                 | 0.057      | 0.65 | 0.35      |
|         | 7.83  | 26.01 | 40.46    | 2.2          | 1.56 | 6.71           | 101.4          | 2.01      | 1.8                               | 0.025     | 0.67            | 0.0094    | 8.7 | 0.122     | 0.055           | 0.002     | 0.064 | 0.002     | 0.12  | 0.0037    | 3.7                 | 0.10       | 0.73 | 0.34      |
| RUT-9   | 0.55  | 24.58 | 39.67    | 0.2          | 1.83 | 7.02           | 109.0          | 3.73      | 1.2                               | 0.016     | 0.51            | 0.0071    | 6.2 | 0.0874    | 0.042           | 0.001     | 0.012 | 0.000     | 0.054 | 0.0017    | 3.6                 | 0.10       | 0.63 | 0.36      |
|         | 13.62 | 24.92 | 39.79    | 0.5          | 0.95 | 6.77           | 102.2          | 0.41      | 0.75                              | 0.011     | 0.60            | 0.0084    | 6.7 | 0.0938    | 0.029           | 0.001     | 0.078 | 0.002     | 0.11  | 0.0033    | 2.2                 | 0.061      | 0.75 | 0.37      |
| RUT-10  | 0.60  | 24.62 | 39.86    | 0.7          | 0.38 | 7.06           | 107.3          | 2.28      | 2.4                               | 0.034     | 0.80            | 0.011     | 8.6 | 0.120     | 0.030           | 0.001     | 0.080 | 0.002     | 0.11  | 0.0034    | 2.5                 | 0.07       | 0.70 | 0.43      |
| RUT-11  | 0.52  | 25.78 | 40.49    | 2.2          | 0.61 | 6.76           | 102.2          | 4.34      | 5.7                               | 0.080     | 0.61            | 0.0085    | 13  | 0.183     | 0.064           | 0.002     | 0.209 | 0.006     | 0.27  | 0.0085    | 5.3                 | 0.15       | 0.88 | 0.28      |
| RUT-12  | 0.60  | 26.55 | 40.83    | 3.1          | 2.14 | 6.73           | 104.2          | 2.58      | 6.8                               | 0.096     | 0.81            | 0.011     | 13  | 0.186     | 0.071           | 0.002     | 0.269 | 0.008     | 0.34  | 0.011     | 5.3                 | 0.15       | 0.66 | 0.31      |
| RUT-13  | 0.61  | 24.45 | 39.70    | 0.3          | 1.11 | 6.81           | 106.9          | 2.21      | 0.69                              | 0.0097    | 0.57            | 0.0080    | 6.7 | 0.0939    | 0.061           | 0.002     | 0.023 | 0.001     | 0.084 | 0.0026    | 1.9                 | 0.052      | 0.66 | 0.39      |
|         | 3.62  | 24.48 | 39.71    | 0.3          | 0.53 | 6.76           | 101.9          | 0.56      | 0.57                              | 0.0080    | 0.39            | 0.0055    | 7.0 | 0.0976    | 0.047           | 0.001     | 0.028 | 0.001     | 0.075 | 0.0023    | 2.3                 | 0.063      | 0.66 | 0.39      |
| RUT-14  | 0.59  | 24.74 | 39.78    | 0.5          | 0.80 | 6.75           | 101.7          | 4.22      | 1.2                               | 0.017     | 0.41            | 0.0057    | 7.5 | 0.105     | 0.051           | 0.002     | 0.039 | 0.001     | 0.090 | 0.0028    | 2.8                 | 0.078      | 0.63 | 0.42      |
|         | 4.51  | 24.73 | 39.79    | 0.5          | 0.84 | 6.72           | 101.8          | 0.40      | 0.88                              | 0.012     | 0.51            | 0.0071    | 6.6 | 0.0923    | 0.045           | 0.001     | 0.025 | 0.001     | 0.070 | 0.0022    | 2.6                 | 0.073      | 0.66 | 0.40      |
| RUT-17  | 0.56  | 24.55 | 39.65    | 0.1          | 0.84 | 6.72           | 101.8          | 0.99      | 0.15                              | 0.0021    | 0.38            | 0.0053    | 6.3 | 0.0882    | 0.031           | 0.001     | 0.092 | 0.003     | 0.12  | 0.0038    | 1.7                 | 0.048      | 0.66 | 0.30      |

ריכוזי נוטריאנטים בפונט נטוי הם בין גבול הגילוי לגבול הכימות של השיטה.

\*  $\Delta S$  = תוספת מליחות מעל הרקע הטבעי.

\*\* חלק מריכוזי TSS בטבלה נמוכים מגבול הגילוי של השיטה שדווח ע"י חי"ל (טבלה 2.3).

## המליחות בשנת 2021

איורים 2.17-2.22 מציגים את פיזור המליחות של מי הים באזור הניטור באביב (21.6.21) ובסתיו (15.11.21) בפני המים (עומק 0.5 מ'), בעומק 2 מ' ובסמוך לקרקעית. ערכי המליחות רשומים במפות בנקודות המדידה. באיורים 2.23-2.26 מוצגים שינויי המליחות (באחוזים) ביחס למליחות הרקע ( $\Delta S$ ) באביב ובסתיו, אשר מהווים מדד לתחום ההשפעה של מי הרכז של מתקן ההתפלה בזמן המדידה (למען הבהירות מוצגים בצבע רק שינויים גדולים מ- 0.5% אבל כל הערכים רשומים בנקודות המדידה). מליחיות הרקע (הסביבה הטבעית) נקבעו כממוצעים של מדידות CTD בכל העומקים באותן נקודות ששימשו לקביעת טמפרטורות הרקע של מי הים (בתוספת נקודה אחת באביב) מחוץ לתחום ההשפעה של מי הרכז, כלהלן: באביב (21.6.21)  $39.59 \pm 0.04$  (ממוצע של 15 מדידות בנקודות 51-55), בסתיו (15.11.21)  $39.60 \pm 0.04$  (ממוצע של 18 מדידות בנקודות 47-52) (מוערך שהשיגאה בהערכת מליחות הרקע בשתי העונות היא לכל היותר  $\pm 0.2$  יחידות מליחות). מודגש ששינוי של 2.5% במליחות ביחס למליחות הרקע שווה להבדל של כ- 1.0 יחידות מליחות שהינו בטווח השינויים הטבעיים באזורים רדודים לאורך החוף.

בטבלאות 2.8-2.11 מוצגות המדידות הנוספות של מליחות בחורף (2.2.21), (באביב (23.6.21), בקיץ (15.8.21) ובסתיו (14.11.21) אשר בוצעו בנקודות RUT במקביל לדיגום לצורך בדיקות איכות מי הים. בטבלאות של נתוני האביב והסתיו מוצגים גם ערכי  $\Delta S$  יחסית למליחיות הרקע הנ"ל. באיור 2.27 מוצגים פרופילי עומק של המליחות בנקודות RUT באביב ובסתיו. התנודתיות הרבה של הפרופילים בנקודות הרדודות שבהן ניכרת ההשפעה של מי הרכז משקפת את המבנה המורכב של עמודת המים (microstructure) שנוצר עקב האינטראקציה בין מי הרכז וסילוני מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג לגורמים הטבעיים.

באופן כללי, עקב הערבוב של מי הרכז המלוחים הנפלטים ממתקן התפלה אשקלון עם מי הקירור החמים הנפלטים מתחנת הכח רוטנברג, כאשר כל או מרבית היחידות של תחנת הכח פועלות והספיקה של מי הקירור מירבית במרבית היחידות, מתקיים מתאם חיובי בין הטמפרטורה והמליחות של מי הים באזור הניטור והתבנית המרחבית הכללית של המליחות דומה לזו של הטמפרטורה. תפוצת המליחות הרגעית נקבעת ע"י ספיקת מי הרכז של מתקן ההתפלה וההשפעה המשולבת של הזרמת מי הקירור של תחנת הכח ושל התנאים הסביבתיים (כיווני ועוצמות הרוחות והזרמים הטבעיים באזור). ההשפעה של זרמי מי הקירור מורגשת בעיקר בסמוך לחוף וככל שמתרחקים ממנו תפוצת המליחות בפני השטח מושפעת יותר מכיווני ועוצמת הרוחות והזרמים הטבעיים. המתאם בין הטמפרטורה והמליחות במועדי המדידה באביב ובסתיו 2021 מוצג באיור 2.28.

בעת מדידות CTD באביב, כאשר מתקן התפלה אשקלון פעל בתפוקה מלאה, יחידת ייצור אחת של תחנת הכח רוטנברג הייתה מושבתת, שלוש יחידות ייצור פעלו בתפוקת חשמל חלקית של 54%-67% (טבלה 2.4) והרוח הייתה מערב-דרום-מערבית עד מערב-צפון-מערבית, פלומת המליחות הגבוהה השתרעה בפני המים בכיוון צפון ובסמוך לקרקעית בכיוון דרום וצפון. השטח של פלומת המליחות

הגבוהה היה יותר גדול בפני המים מאשר בסמוך לקרקעית. המליחות הגבוהה ביותר בפני המים (40.85),  $\Delta S = 3.2\%$  נמדדה בנקודה 44, במרחק של כ- 1.1 ק"מ מצפון-מערב למוצאי מי הקירור ומי הרכו. בסמוך לקרקעית המליחות הגבוהה ביותר (40.81,  $\Delta S = 3.1\%$ ) נמדדה בנקודה RUT4, במרחק של 0.35 ק"מ ממערב למוצאי מי הקירור ומי הרכו. בכל נקודות המדידה האחרות ערך  $\Delta S$  היה פחות מ- 2.5%.

בעת מדידות CTD בסתיו, כאשר מתקן התפלה אשקלון פעל בתפוקה מלאה, שתי יחידות ייצור של תחנת הכח רוטנברג היו מושבתות, שתי יחידות פעלו בתפוקת חשמל חלקית (55%-72%) והרוח הייתה דרום-דרום-מזרחית עד צפון-צפון-מזרחית ולאחר מכן מערב-דרום-מערבית עד צפון-מערבית, פלומת המליחות הגבוהה השתרעה בכיוון מערב. כצפוי, השטח של פלומת המליחות הגבוהה היה יותר גדול בסמוך לקרקעית מאשר בפני המים. הן בפני המים והן בסמוך לקרקעית המליחות הגבוהה ביותר נמדדה בנקודה RUT1 הקרובה למוצאי מי הקירור ומי הרכו (41.58,  $\Delta S = 5.0\%$ ) ו- 41.49,  $\Delta S = 4.8\%$  (בהתאמה). השטח בסמוך לקרקעית שבו  $\Delta S > 2.5\%$  היה כ- 0.67 ק"מ<sup>2</sup>.

ערכי  $\Delta S$  בשיעור של 1%-2.5% בסמוך לקרקעית הגיעו באביב עד למרחק של כ- 0.5 ק"מ מדרום, 0.7 ק"מ ממערב ו- 1.0 ק"מ מצפון למוצאי מי הקירור ומי הרכו; בסתיו התחום של תוספת מליחות זו הגיע כ- 3.7 ק"מ ממערב למוצאים. כאמור, שינוי מליחות זה הינו בטווח השינויים הטבעיים באזור הניטור אולם תפוצתו המרחבית מעידה על תבנית הפיזור של מי הרכו במועד המדידה.

## השוואה רב-שנתית

להשוואה רב-שנתית של שינויי המליחות באזור הניטור יש משמעות מאד מוגבלת עקב הבדלים במליחות הרקע, הבדלים בהזרמות של מי הרכו ומי הקירור ובטמפרטורה של מי הקירור (היקף הייצור של מתקן התפלה אשקלון והפעילות של תחנת הכח רוטנברג) והבדלים בתנאים הסביבתיים (הרוח ומצב הים) בימי הדיגום. עם זאת, מבחינה של שינויי המליחות באזור הניטור בתשע השנים האחרונות (2013-2021), אשר מוצגים בטבלה 2.12, עולות שתי מסקנות:

א. בכל השנים, שינויי המליחות שנמדדו באזור הניטור היו קטנים מהתחזיות של מודל הפיזור של מי הרכו ממתקן התפלה אשקלון, אשר הופעל ע"י המכון לחקר הנדסה ימית (CAMERI) לפני הפעלת מתקן ההתפלה לצורך הערכה סביבתית (Sladkevich and Kit, 2004). השוואה ישירה של תחזיות המודל והתוצאות של מדידת המליחות איננה אפשרית עקב הבדלים בין נתוני הקלט של המודל למצב בפועל במועדי המדידה (הספיקות של מי הרכו של מתקן ההתפלה, היקף הפעילות של תחנת הכח רוטנברג והתנאים הסביבתיים). עם זאת יש לציין שעפ"י תחזיות המודל, במצב ים שקט (ללא רוח וגלים) ופעילות מלאה של תחנת הכח (מיהול מרבי של מי הרכו עם מי הקירור), בסמוך לקרקעית היו צפויות מליחות של 53, 49 ו- 44 במרחקים של 0.05, 0.1, ו- 0.2 ק"מ מהחוף, בהתאמה (ערכי  $\Delta S$  של 35%, 24% ו- 11%, בהתאמה). בפועל, למעט בסתיו 2017 ובסתיו 2020, בכל שנות הניטור, גם כאשר תחנת הכח לא הייתה בפעילות מלאה, לא נמדדה בסמוך לקרקעית, בכל אזור הניטור ובכלל זה בסמוך למוצאי מי הקירור ומי הרכו, מליחות גבוהה מ- 43.5 ( $\Delta S \sim 11\%$ ). בסתיו 2017 ובסתיו 2020 נמדדו ערכי מליחות גבוהים יותר בשטחים מצומצמים, עד

44.9 ( $\Delta S = 12.8\%$ ) ו- 44.4 ( $\Delta S = 12.7\%$ ), בהתאמה, אבל גם במקרים חריגים אלה, תוספות המליחות היו קטנות מהתוספות המרביות עפ"י תחזיות המודל.

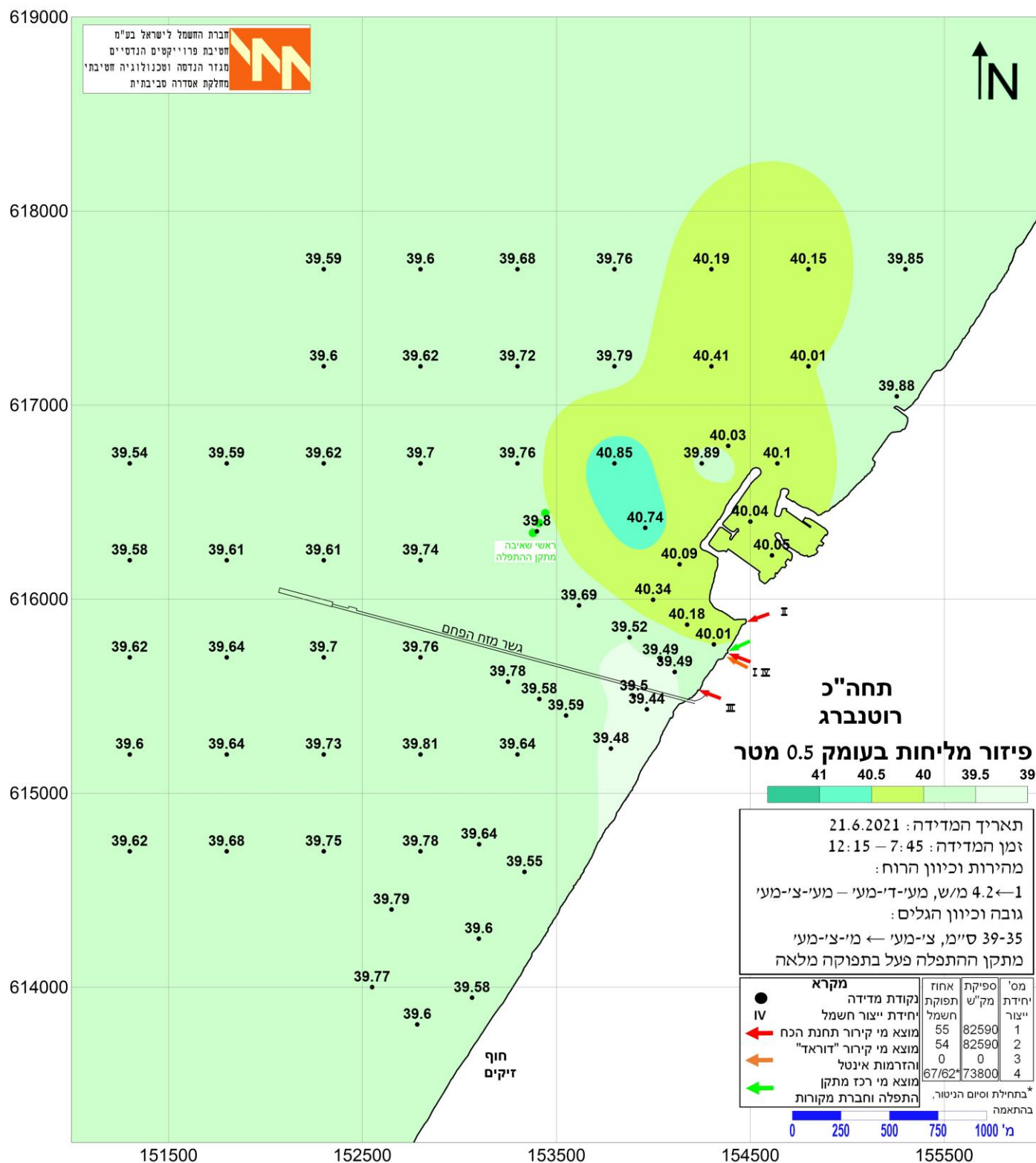
ב. בכל השנים, השטח בסמוך לקרקעית שבו  $\Delta S > 5\%$  לא עלה על 0.4 ק"מ<sup>2</sup>. בכל השנים, למעט באביב 2019, ערך  $\Delta S$  הגיע ל- 5% ויותר רק כאשר לא פעלו יחידה 1 או יחידה 4 של תחנת הכח, אשר מזרימות מי קירור בסמוך למוצא מי הרכז של מתקן ההתפלה. נראה שלהשבתה של אחת משתי יחידות ייצור אלה יש השפעה יותר גדולה על תפוצת המליחות בסמוך לקרקעית מאשר להשבתה של יחידה 2 או של יחידה 3 של תחנת הכח, כפי שמומחש במיוחד בסתיו 2021 כאשר הושבתו שתי היחידות 2 ו-3 ולמרות זאת ערך  $\Delta S$  לא הגיע ל- 5%. מודגש שמספר היחידות הפועלות של תחנת הכח איננו מייצג באופן מלא את ההשפעה של פעילות תחנת הכח על תפוצת המליחות. הגורמים המשפיעים הנוספים הם מספר המשאבות הפעילות של כל יחידת ייצור (קובע את הספיקה של מי הקירור ולכן את שיעור המיהול של מי הרכז) ואחוז תפוקת החשמל של כל יחידת ייצור (קובע את הטמפרטורה של מי הקירור ולכן משפיע על הצפיפות של התערובת של מי הקירור ומי הרכז אשר משפיעה על הפיזור המרחבי שלה).

טבלה 2.12: סיכום של שינויי המליחות בסמוך לקרקעית באזור הניטור בשנים 2013-2021 על סמך מדידות CTD (הערה א)

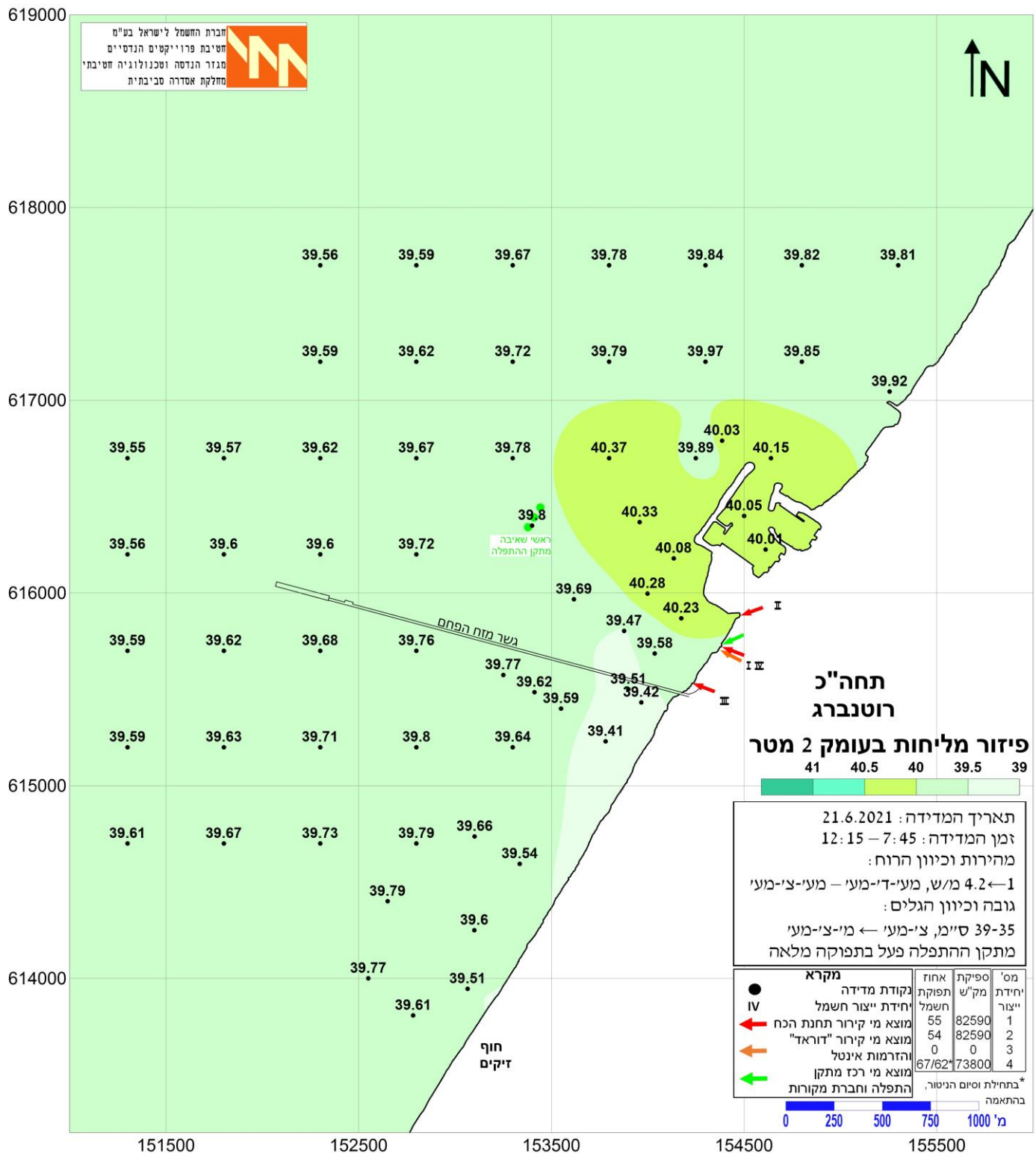
| שנה  | עונה | מספר יחידות מושבתות של תחנת הכח [היחידות המושבתות] | ערך מרבי $\Delta S$ % | שטח, ק"מ <sup>2</sup> $\Delta S > 5\%$ | שטח, ק"מ <sup>2</sup> $\Delta S > 2.5\%$ |
|------|------|----------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|
| 2013 | אביב | 1 [4]                                              | 7.0%                  | 0.06                                   | 1.40                                     |
|      | סתיו | 2 [4, 1]                                           | 8.3%                  | 0.20                                   | 1.30                                     |
| 2014 | אביב | 0                                                  | 3.1%                  | 0                                      | 0.007                                    |
|      | סתיו | 1 [3]                                              | <0.9%                 | 0                                      | 0                                        |
| 2015 | אביב | 0 (ב)                                              | 4.0%                  | 0                                      | 0.03                                     |
|      | סתיו | 3 [4, 2, 1]                                        | 9.0%                  | 0.04                                   | 1.20                                     |
| 2016 | אביב | 1 [2]                                              | 4.7%                  | 0                                      | 0.09                                     |
| 2017 | אביב | 1 [1]                                              | 8.2%                  | 0.35                                   | >1.20                                    |
|      | סתיו | 1 [1]                                              | 12.8%                 | 0.40                                   | 1.60                                     |
| 2018 | אביב | 1 [1] (ג)                                          | 7.1%                  | 0.24                                   | 2.30                                     |
|      | סתיו | 1 [2]                                              | 8.3%                  | 0.24                                   | 1.50                                     |
| 2019 | אביב | 1 [2] (ד)                                          | 6.4%                  | 0.19                                   | 0.70                                     |
|      | סתיו | 1 [4]                                              | 8.5%                  | 0.24                                   | 1.1                                      |
| 2020 | אביב | 1 [4] (ה)                                          | 10.5%                 | 0.25                                   | 0.65                                     |
|      | סתיו | 1 [4]                                              | 12.7%                 | 0.22                                   | 0.79                                     |
| 2021 | אביב | 1 [3]                                              | 3.1%                  | 0                                      | 0 (ו)                                    |
|      | סתיו | 2 [3, 2]                                           | 4.8%                  | 0                                      | 0.67                                     |

הערות: (א) מקורות לנתוני 2013-2020: גפן גלור (2014, 2015); אברמזון ושפיר (2016); שפיר ובן יוסף (2017); כהן וחובריו (2018, 2019, 2020, 2021). (ב) בנוסף, רק 50% ספיקה של משאבות מי הקירור ביחידה 2. (ג) בנוסף, לא היה ייצור חשמל ביחידה 2 אבל משאבות מי הקירור פעלו בספיקה מלאה. (ד) לא היה ייצור חשמל ביחידה 2 אבל משאבות מי הקירור פעלו בספיקה מלאה. (ה) בנוסף, לא היה ייצור חשמל ביחידה 2 אבל משאבות מי הקירור פעלו ב- 50% תפוקה. (ו) רק בנקודה אחת הייתה תוספת מליחות של 3.1%.

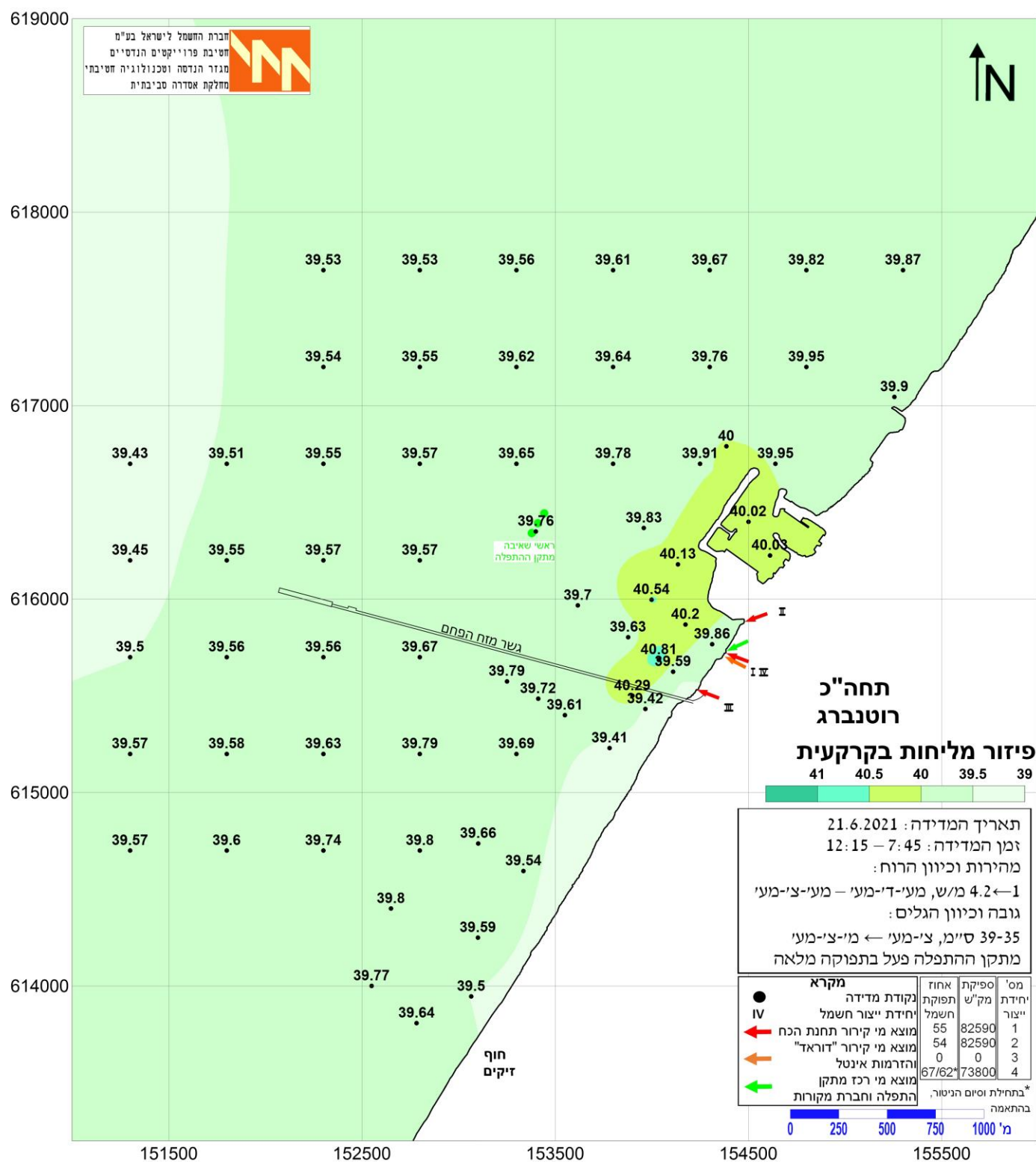
איור 2.17: פיזור המליחות בפני המים (עומק 0.5 מ') באזור הניטור באביב (21.6.21).



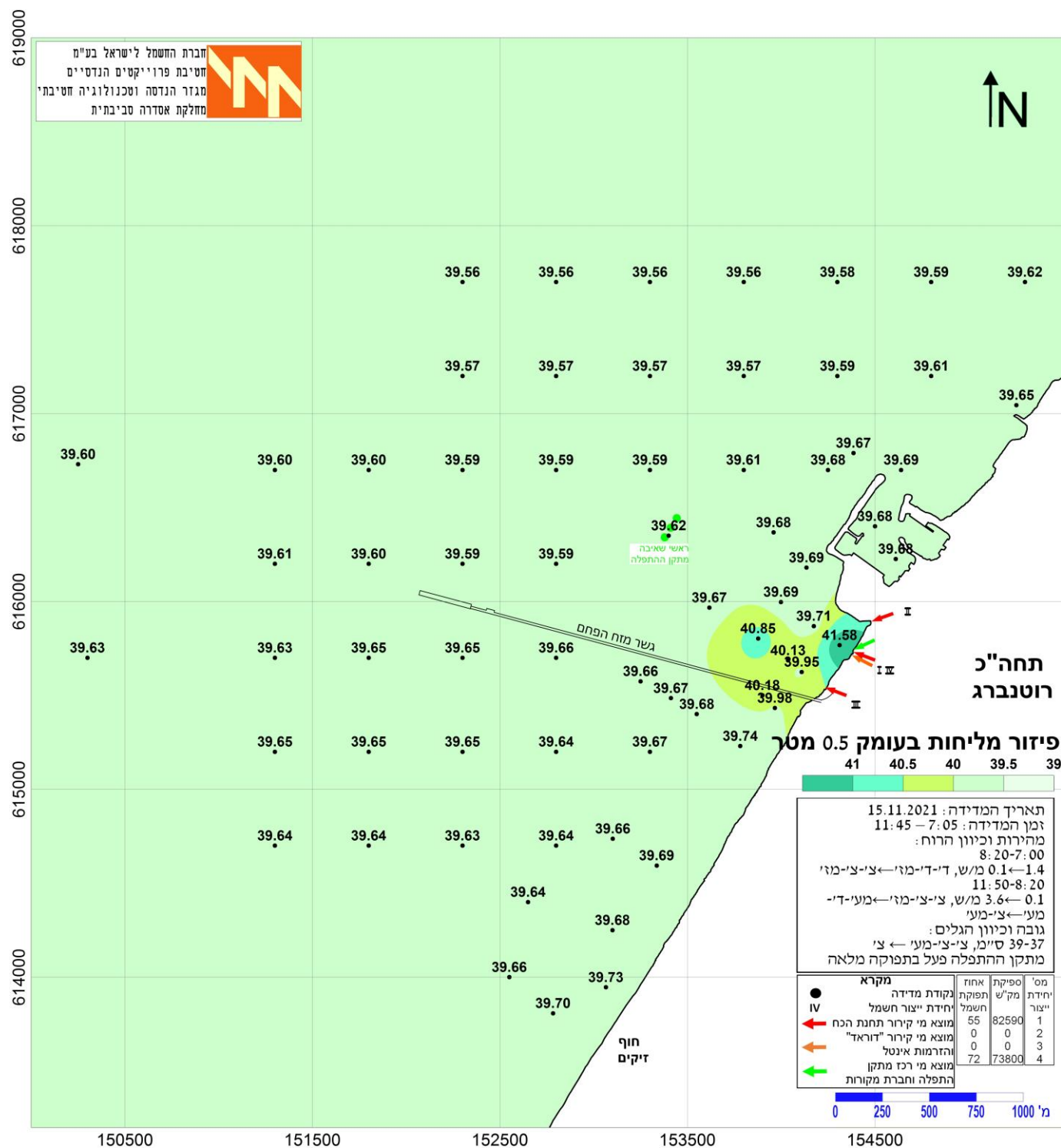
איור 2.18: פיזור מליחות בעומק 2 מ' באזור הניטור באביב (21.6.21).



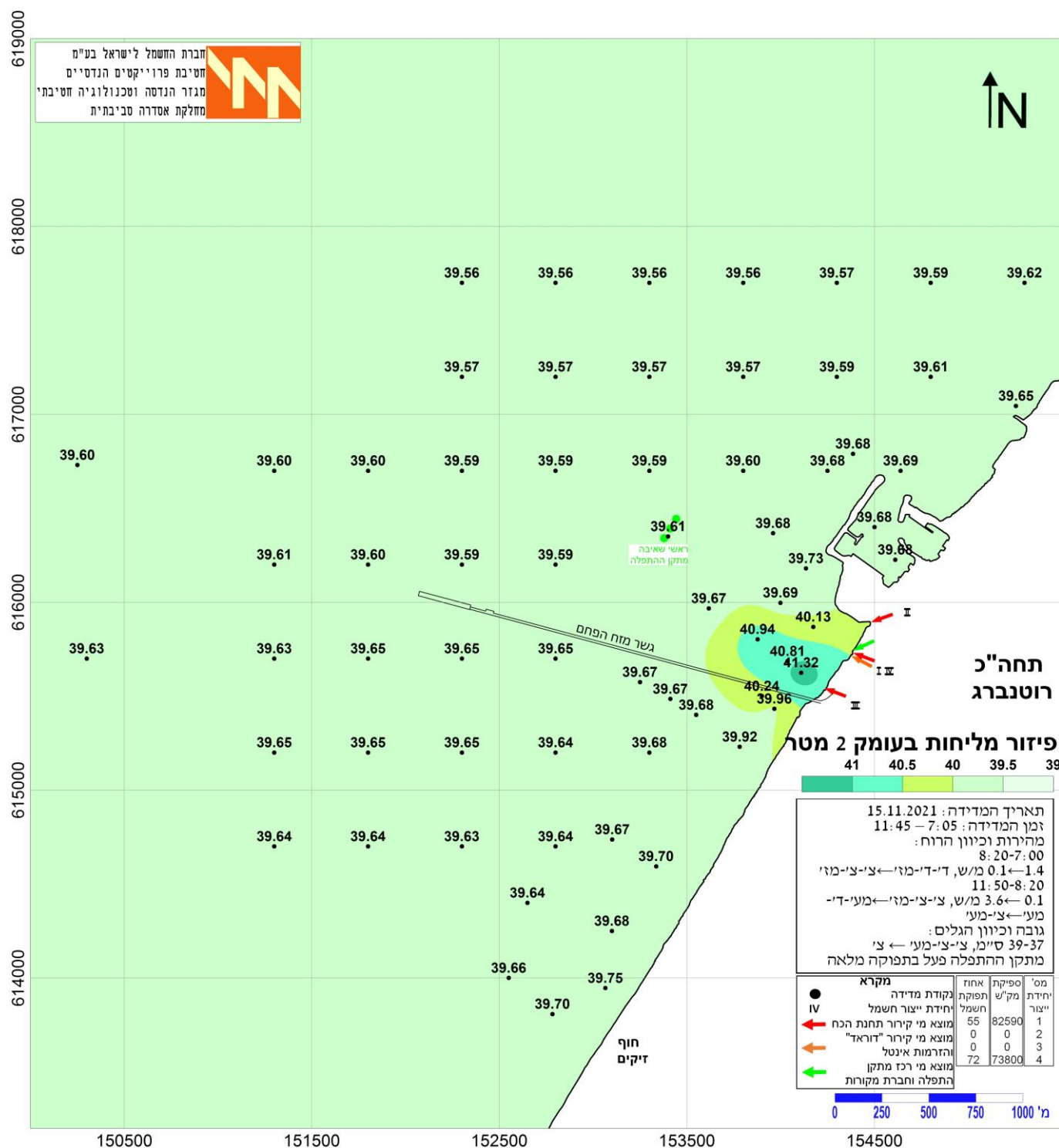
איור 2.19: פיזור מליחות בסמוך לקרקעית באזור הניטור באביב (21.6.21).



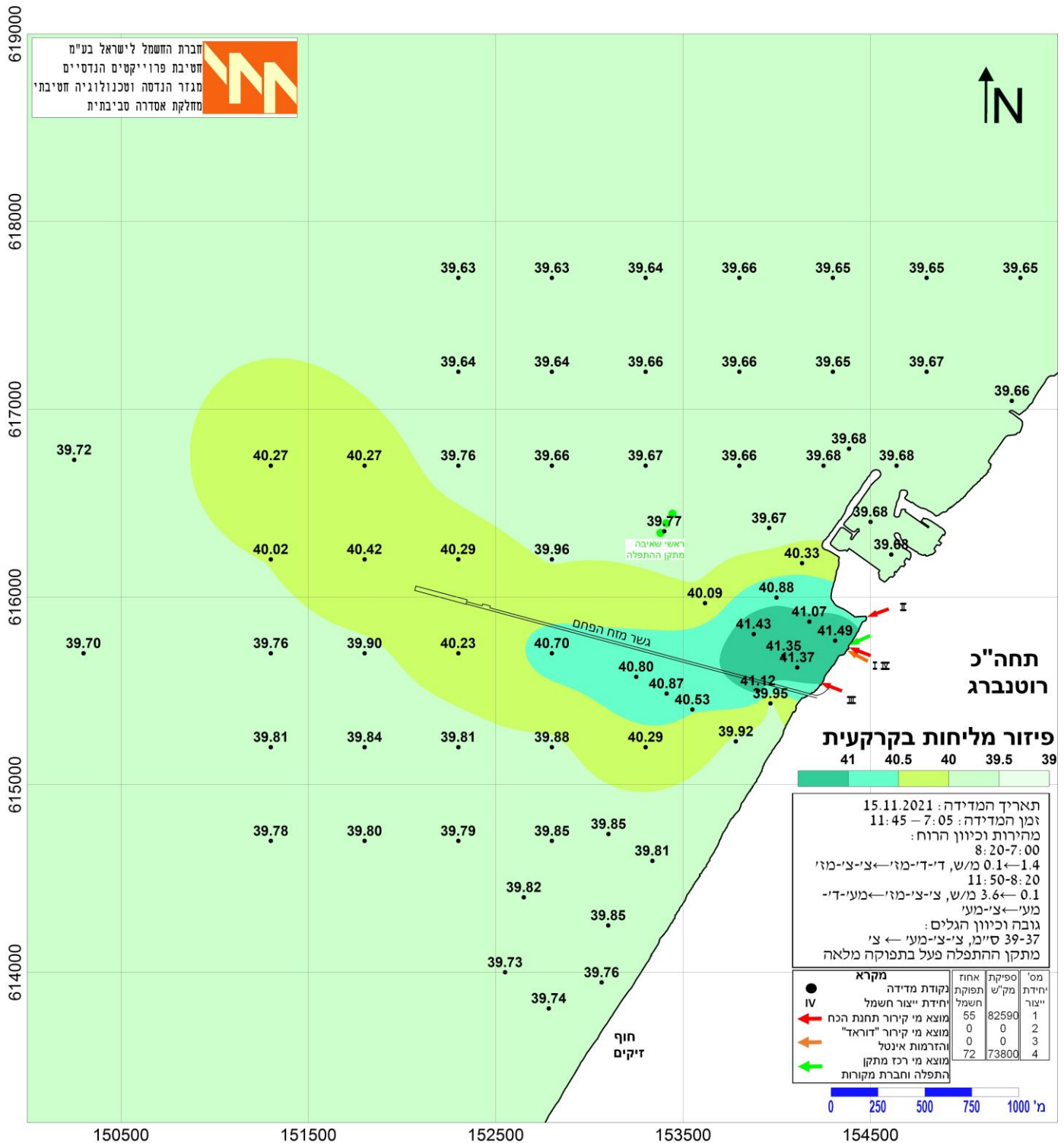
איור 2.20: פיזור מליחות בפני המים (עומק 0.5 מ') באזור הניטור בסתיו (15.11.21).



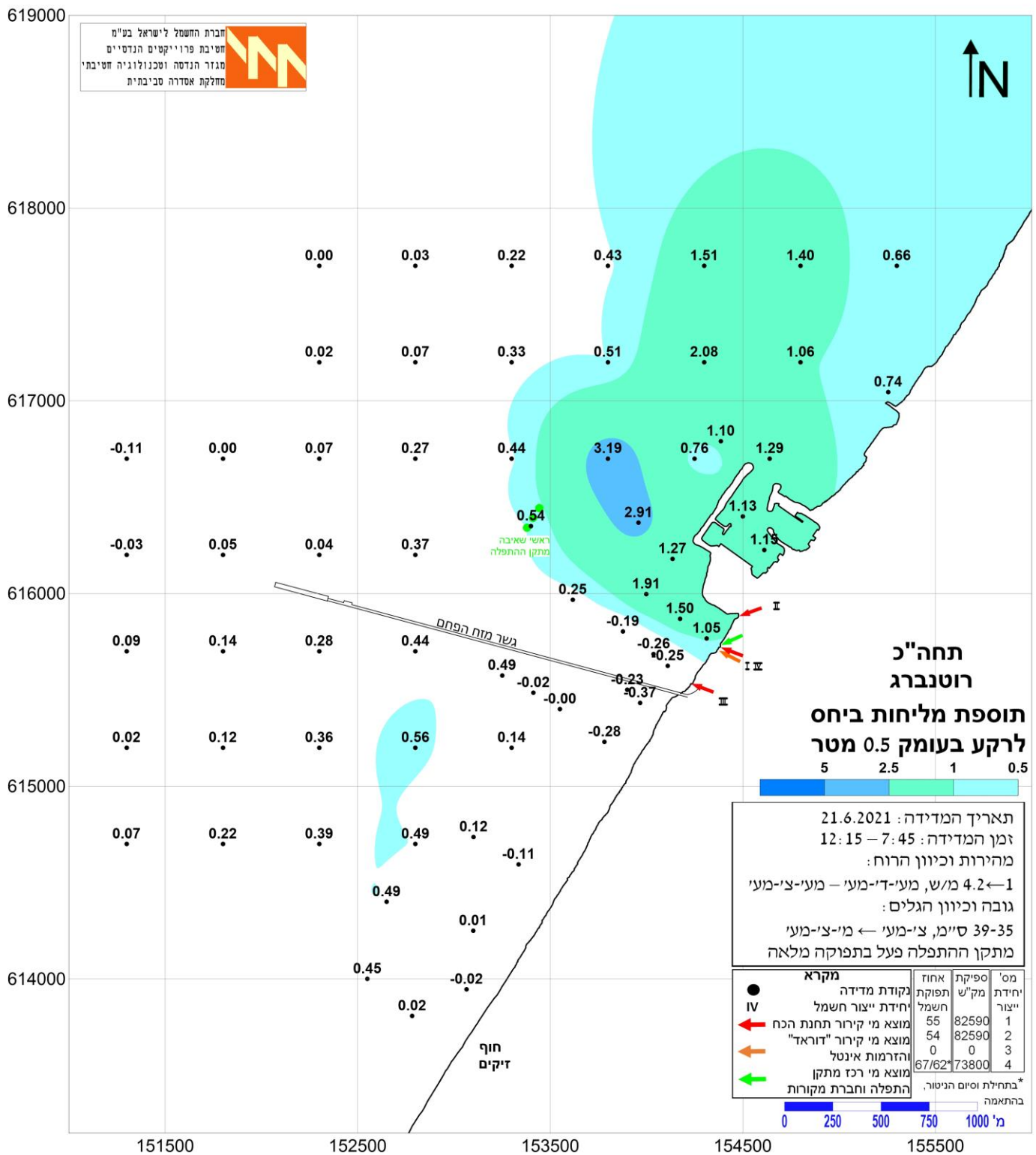
איור 2.21: פיזור מליחות בעומק 2 מ' באזור הניטור בסתיו (15.11.21).



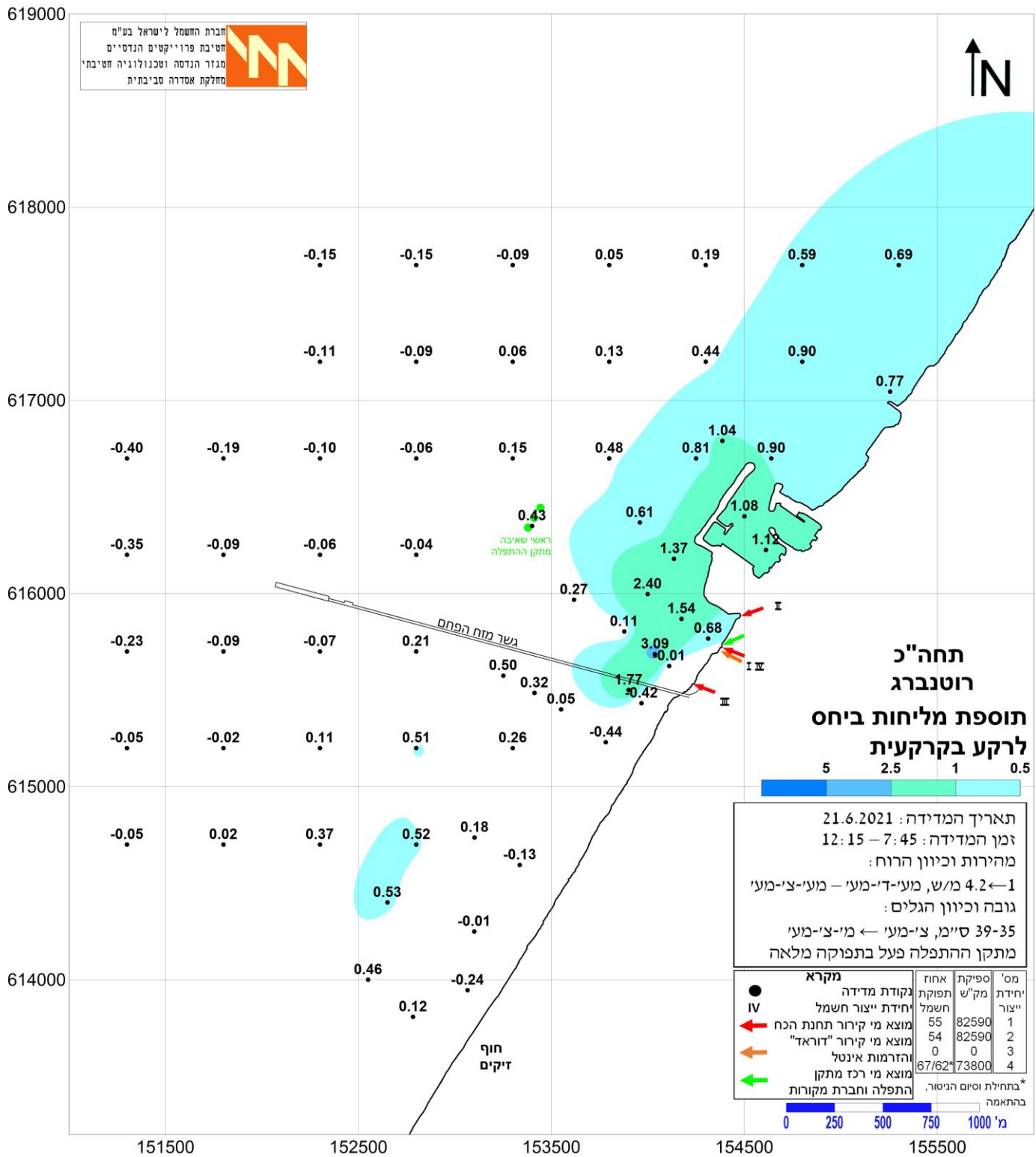
איור 2.22: פיזור מליחות בסמוך לקרקעית באזור הניטור בסתיו (15.11.21).



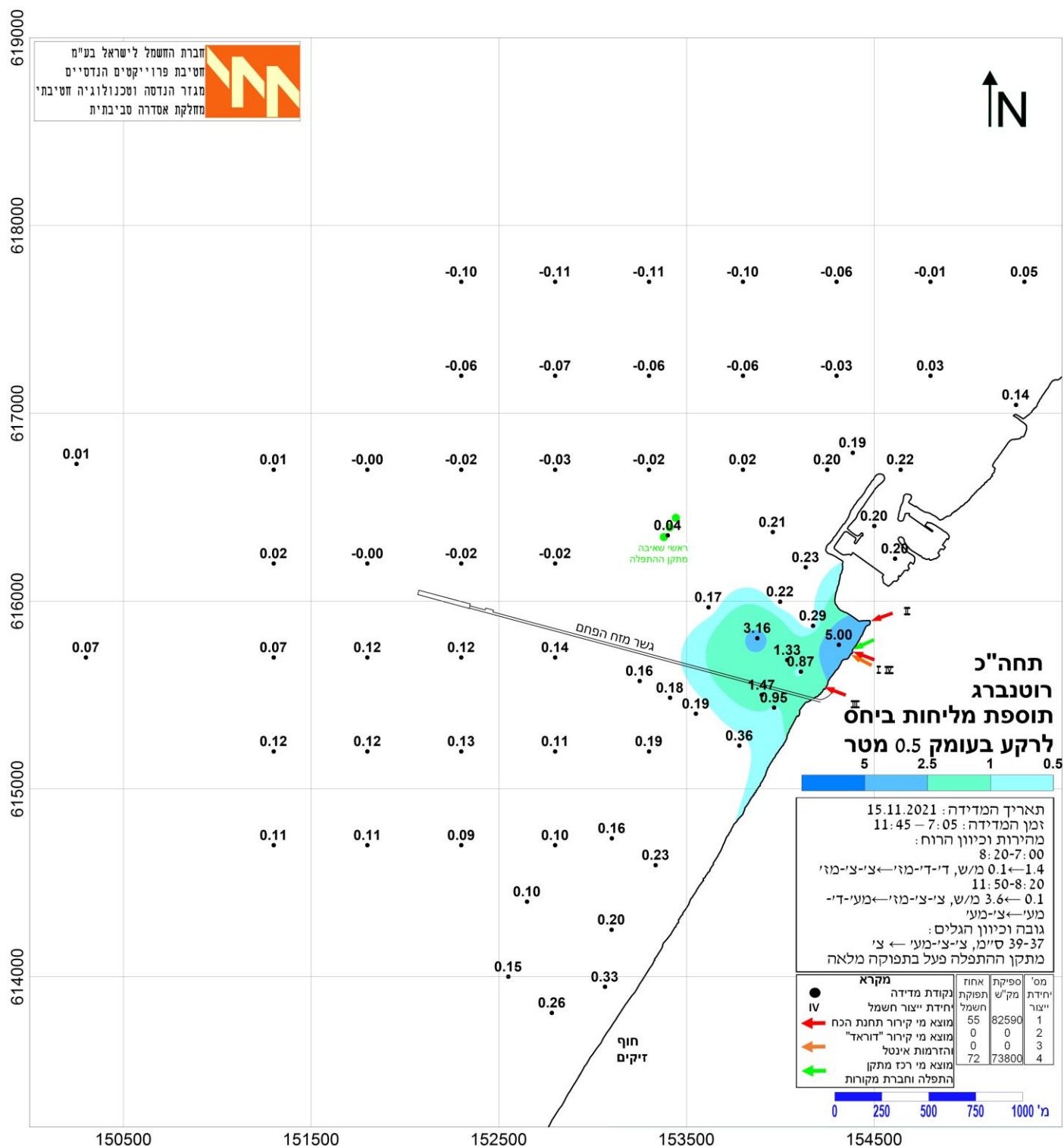
איור 2.23: תוספת המליחות ביחס לרקע (ΔS %) בפני המים (עומק 0.5 מ') באביב (21.6.21).



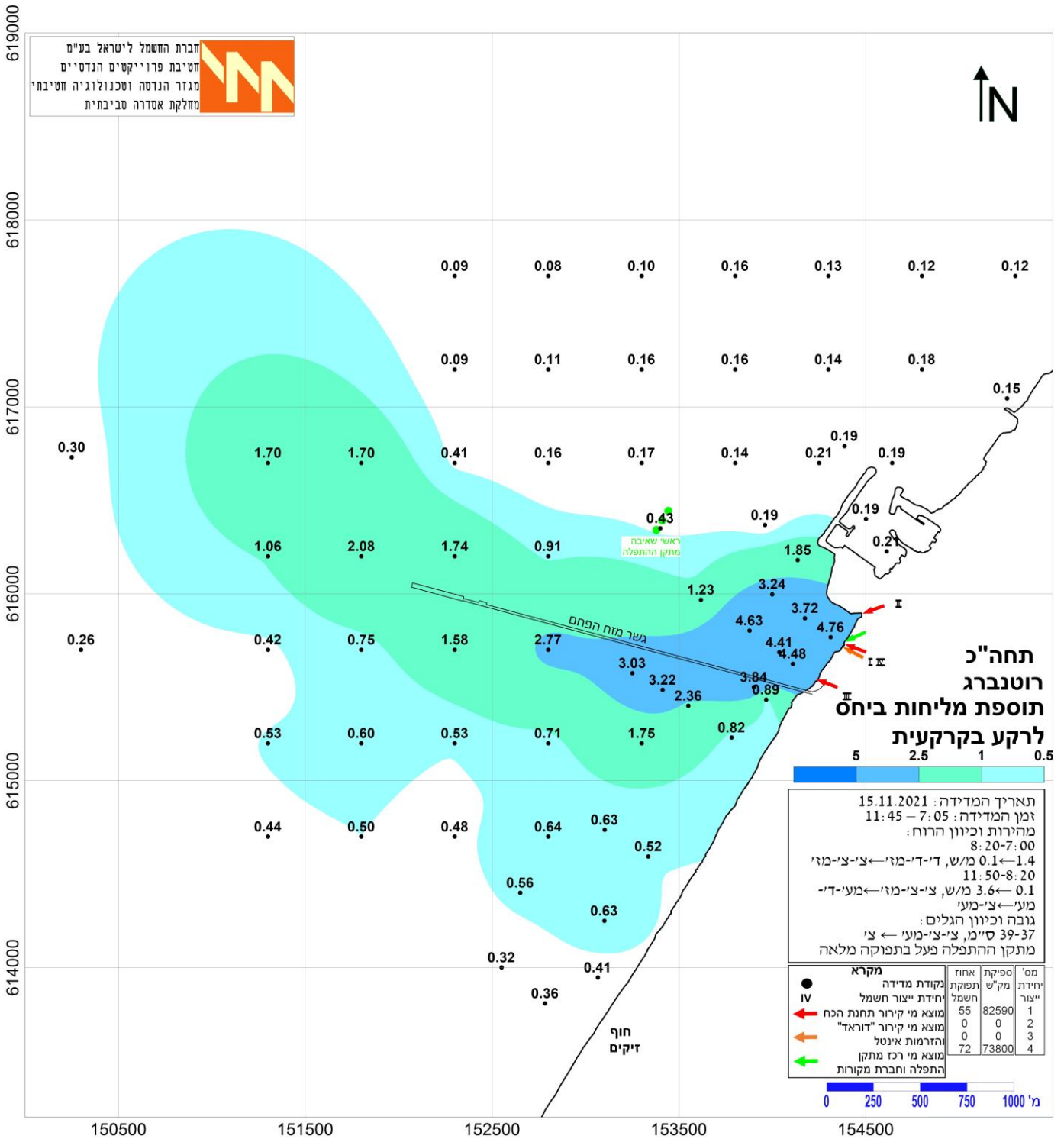
איור 2.24: תוספת המליחות ביחס לרקע (ΔS %) בסמוך לקרקעית באביב (21.6.21).



איור 2.25: תוספת המליחות ביחס לרקע (ΔS %) בפני המים (עומק 0.5 מ') (15.11.21).

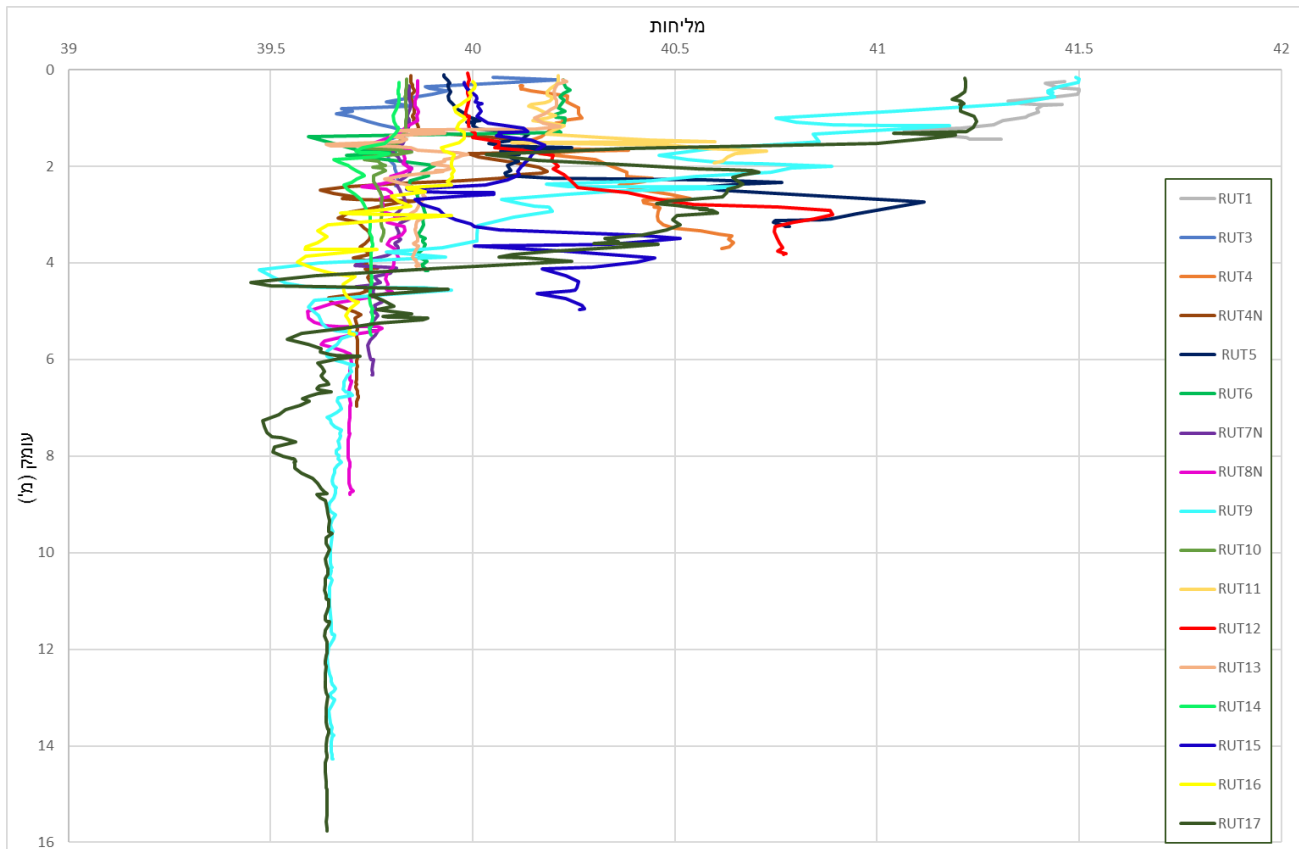


**איור 2.26: תוספת המליחות ביחס לרקע ( $\Delta S$  %) בסמוך לקרקעית בסתיו (15.11.21).**

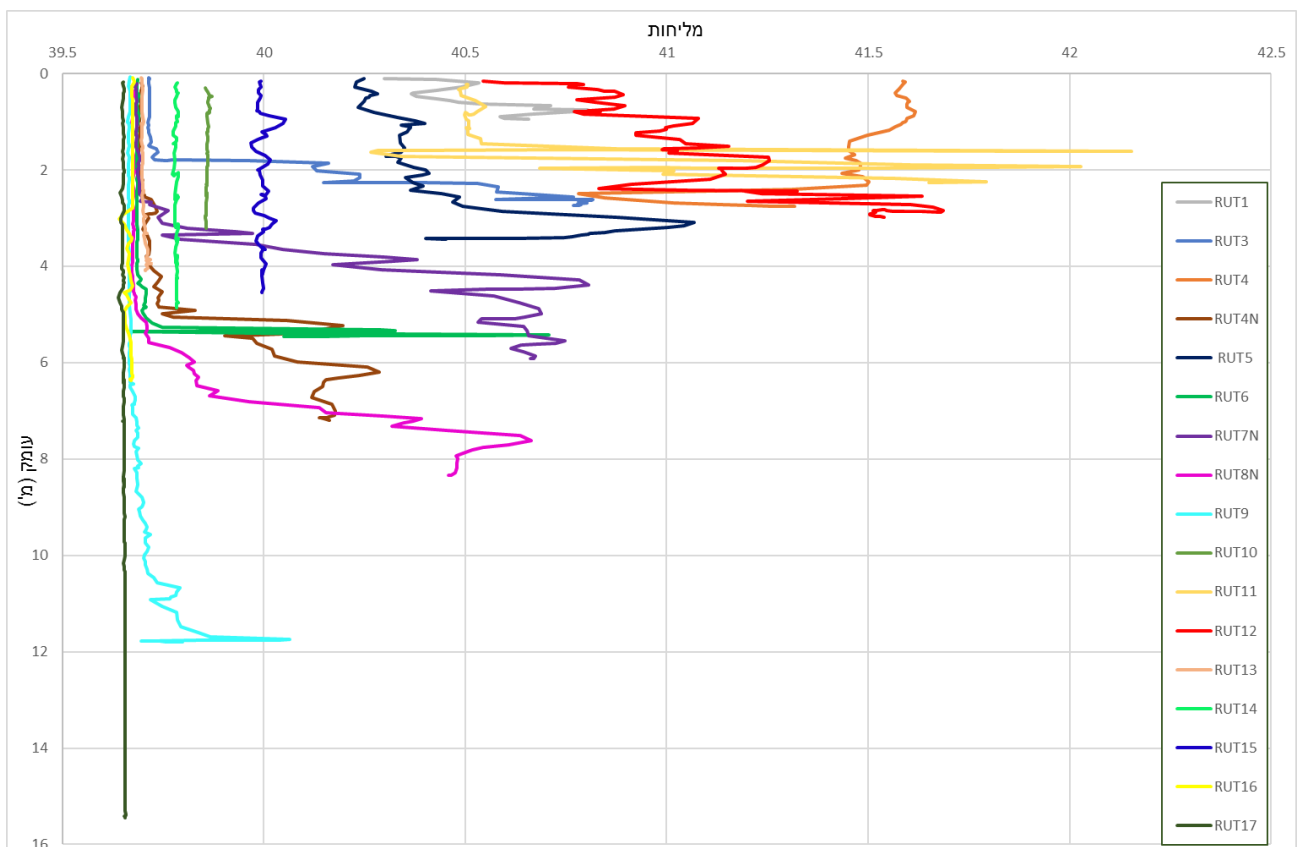


איור 2.27: פרופילי עומק של מליחות בנקודות RUT : באביב (23.6) ובסתיו (14.11) 2021.

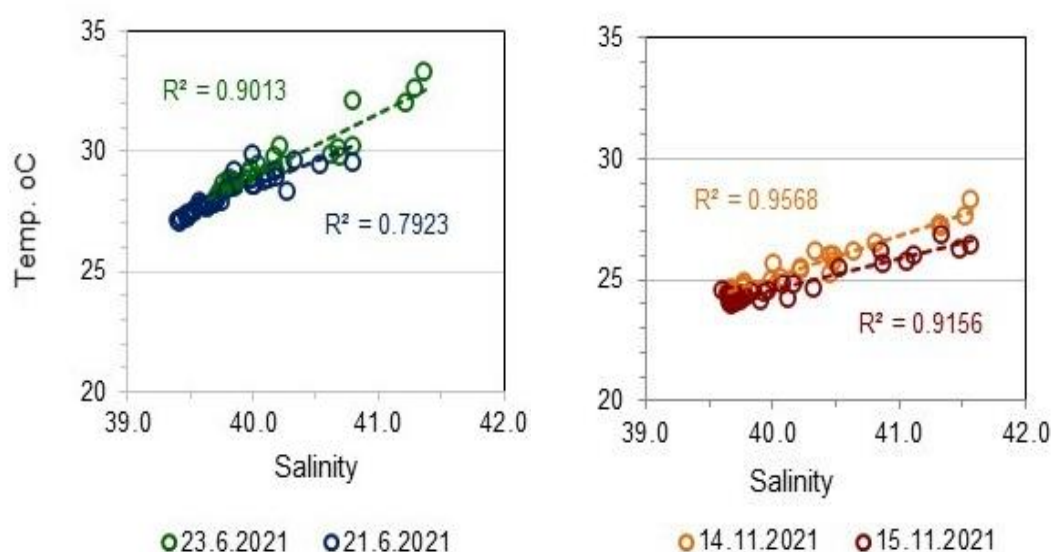
### אביב



### סתיו



**איור 2.28:** יחסי טמפרטורה-מליחות בנקודות RUT באביב (שמאל) ובסתיו (ימין) 2021 במועדי מדידות CTD (21.6.21, 15.11.21) והדיגום לבדיקות איכות מי הים (23.6.21, 14.11.21).



### 2.4.1.3 חמצן מומס

ריכוזי החמצן המומס במי הים באזור הניטור היו כ- 7.4-7.6 מג"ל בחורף, כ- 6.0-6.3 מג"ל באביב, 5.8-6.4 מג"ל בקיץ ו- 6.7-7.2 מג"ל בסתיו (טבלאות 2.8-2.11). בכל מועדי הניטור, בכל או כמעט בכל נקודות ועומקי הדיגום, החמצן המומס היה רווי ביתר, עם אחוזי רוויה אופייניים למים חופיים רדודים המושפעים מהגלים (עד 112%). בכמה דגימות באביב ובקיץ, שבהן החמצן לא היה רווי ביתר, אחוז הרוויה היה גבוה מ- 95%. תוצאות אלו גבוהות מהערך של 80% רוויה שנקבע כ"תקן למי ים" במסגרת ההמלצות של המשרד להגנת הסביבה לתקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל (אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה, 2002 (להלן - תקן מי הים)).

### 2.4.1.4 עכירות

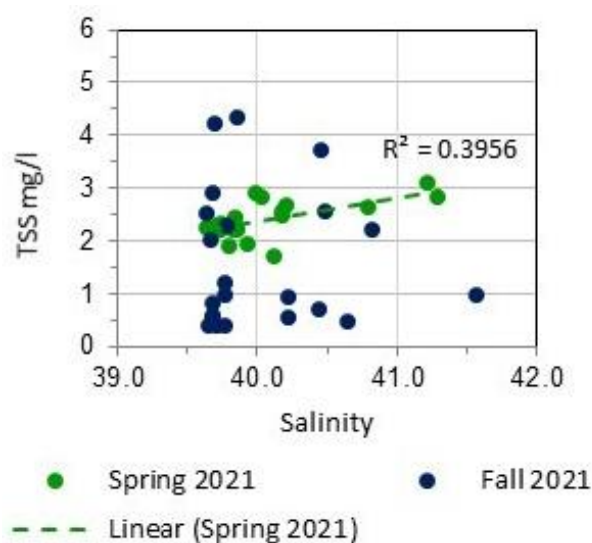
בכל מועדי הניטור העכירות באזור הניטור הייתה נמוכה, עד 3 NTU, למעט מדידה אחת בקיץ של 4 NTU (טבלאות 2.8-2.11) ולא נמצא מתאם בין העכירות והמליחות של מי הים (אשר מהווה סמן לנוכחות מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון). ערכי החציון של מדידות העכירות בחורף, באביב, בקיץ ובסתיו היו 1.2, 1.4, 1.4 ו- 0.8 NTU, בהתאמה. באביב ובסתיו, כאשר נמדדו גם ריכוזי חלקיקים מרחפים במי הים (TSS), לא נמצא מתאם בין העכירות לבין TSS באזור הניטור.

### 2.4.1.5 חלקיקים מרחפים (TSS)

ריכוזי TSS במי הים באזור הניטור באביב ובסתיו מוצגים בטבלאות 2.9 ו- 2.11. באביב ריכוזי TSS היו בתחום 1.7-3.1 מג"ל וערך החציון, 2.3 מג"ל, היה זהה למעשה לקריטריון ההתאמה לערך הייחוס

(טבלה 3.12).<sup>5</sup> בניטור הסתיו ריכוזי TSS היו בתחום 0.4-4.3 מג"ל וערך החציון היה 0.98 מג"ל. עקב חוסר בנתונים לאזור, לא הוצע ערך ייחוס לסתיו. בדיגום האביב נמצא מתאם בין ריכוזי TSS והמליחות של מי הים ובדיגום הסתיו לא נמצא מתאם כזה (איור 2.29). לכאורה המתאם בין TSS למליחות בדיגום האביב מצביע על השפעה מסוימת (פחות מ- 1 מג"ל) של מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון על תפוצת TSS באזור הניטור, אבל סביר להניח שאין זה כך ושהמתאם שאיננו חזק הינו אקראי, מאחר שמתאם כזה לא נמצא בכל הדיגומים האחרים בעונות האביב והסתיו מאז הקמת מיכל האיוון למי שטיפת מסנני החול של מתקן ההתפלה במרץ 2010 (בסה"כ 31 דיגומים).

#### איור 2.29: יחסי TSS-מליחות בנקודות RUT באביב ובסתיו 2021



#### 2.4.1.6 נוטריאנטים

ריכוזי ניטראט+ניטריט (להלן - ניטראט), אמוניום, חנקן כללי (TN), פוספאט, זרחן אורגאני (TOP), זרחן כללי מומס (TP) וחומצה סיליצית באזור הניטור מוצגים בטבלאות 2.8-2.11. היחסים בין ריכוזי הניטראט, אמוניום, חומצה סיליצית, פוספאט ו-TOP לבין המליחות של מי הים בדיגומי האביב, הקיץ והסתיו 2021 מוצגים באיור 2.30. לדיגום החורף, שבוצע כאשר מתקן התפלה אשקלון לא פעל, מוצגים היחסים בין הנוטריאנטים לטמפרטורה של מי הים. באיור 2.31 מוצגים היחסים בין הריכוזים של ניטראט ו-TOP באזור הניטור בכל מועדי הניטור בחמש השנים האחרונות (2017-2021) לבין המליחות של מי הים. בטבלה 2.13 מוצגים הטווחים וערכי החציון של ריכוזי הנוטריאנטים שנמדדו בכל אזור הניטור ב- 2021, בהשוואה לערכי הייחוס המתאימים.

<sup>5</sup> השוואה של ריכוזי TSS לתקן מי הים אינה מוצגת כאן כי התקן מתייחס "לממוצע העונתי הטבעי" אולם עפ"י ההצעה של חיא"ל לערכי ייחוס, המצב הטבעי בכל עונה מיוצג נכון יותר ע"י ערכי חציון מאשר ע"י ערכים ממוצעים.

בכל מועדי הניטור נמדדו בחלק מנקודות הניטור, במיוחד בנקודות הקרובות למוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה, ריכוזי נוטריאנטים גבוהים מערכי הייחוס ואף מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס (טבלה 2.13), אולם גם ריכוזים אלה נמוכים יחסית לריכוזים אשר נחשבים כעלולים לגרום לתהליכי אוטרופיקציה בסביבה הימית (באזורים של ים פתוח).

### חנקן

ריכוזי הניטראט שנמדדו בחורף, באביב, בקיץ ובסתיו בכל אזור הניטור, היו בתחום 0.15-15.0 מיקרומולר (0.002-0.25 מג"ל). בארבעת מועדי הניטור ערכי החציון של ריכוזי הניטראט היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס המתאימים. בחלקם, ריכוזי הניטראט שנמדדו באזור הניטור יותר גבוהים מאשר הריכוזים הגבוהים ביותר שנמדדו באותם חודשים במי הרכז של מתקן התפלה אשקלון.

בדיגומי האביב, הקיץ והסתיו נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי הניטראט למליחות של מי הים, כפי שנמצא במרבית מועדי הניטור בשנים קודמות (איורים 2.30, 2.31), אולם לאור האמור לעיל ברור שמי הרכז של מתקן התפלה אשקלון לא יכולים להיות המקור לריכוזים הגבוהים של ניטראט שנמדדו בים. כמו בשנים הקודמות, הממצאים מצביעים על כך שכנראה המקור הוא רכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים אשר מוזרם לתוך זרם מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון. מסקנה זו נתמכת ע"י המתאם שנמצא בין ריכוזי הניטראט לטמפרטורה של מי הים בדיגום החורף, כאשר מתקן התפלה אשקלון לא פעל אבל התקיימה ההזרמה לים של מי הרכז של מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים. בטבלה 2.14 מוצגים הריכוזים החודשיים הממוצעים של ניטראט ברכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים בשנת 2021 (נספח ב') והריכוזים הממוצעים לימי הדיגום של מי הים לאחר המיהול עם מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון. הריכוזים המתקבלים, 173 עד 197 מיקרומולר, יכולים להסביר את הריכוזים הגבוהים שנמדדו בים (גם בהתחשב במיהול עם מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג).

ריכוזי האמוניום שנמדדו בארבעת מועדי הניטור היו בתחום  $0.06 < 1.7$  מיקרומולר ( $0.001 < 0.02$  מג"ל) ובכל מועדי הניטור ערכי החציון היו נמוכים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. כל ריכוזי האמוניום שנמדדו באזור הניטור נמוכים בהרבה מתקן מי הים (0.5 מג"ל ממוצע ו- 2.4 מג"ל מרבי, או 36 ו- 171 מיקרומולר, בהתאמה), שהינו גבוה בשניים/שלושה סדרי גודל מערכי הייחוס לכל עונות השנה. בדיגומי האביב והקיץ נמצא מתאם בין ריכוזי האמוניום למליחות, בניגוד למרבית הדיגומים בשנים קודמות (בכל השנים 2008-2021 נמצא מתאם רק ב- 8 מתוך 44 דיגומים). בדיגום החורף נמצא מתאם בין ריכוזי האמוניום לטמפרטורה.

חנקן אורגני, המחושב כהפרש בין חנקן כללי (TN) לחנקן האי-אורגני (ניטראט + אמוניום), היווה עד 96% מכלל החנקן במועדי הניטור השונים, בהתאם לתחום ההשפעה של הזרמת הניטראט ברכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים. במרבית הדגימות שבהן ריכוזי הניטראט היו בתחום הריכוזים הטבעיים, חנקן אורגני היווה יותר מ- 80% מכלל החנקן. בדיגומי החורף, האביב והקיץ ערך החציון של ריכוזי החנקן הכללי היה גבוה מקריטריון ההתאמה לערך הייחוס. בארבעת מועדי הניטור, בכל הדגימות, ריכוזי החנקן הכללי היה נמוך בהרבה מתקן מי הים (1.0 מג"ל או 71 מיקרומולר), שהינו גבוה בסדר גודל מערכי הייחוס לכל העונות.

### חומצה סיליצית

ריכוזי החומצה הסיליצית שנמדדו בארבעת מועדי הניטור בכל אזור הניטור היו בתחום 1.5-14.0 מיקרומולר (0.04-0.4 מג"ל). בארבעת המועדים, ערכי החציון של ריכוזי החומצה הסיליצית באזור הניטור היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. באביב, בקיץ ובסתיו נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי החומצה הסיליצית למליחות, כפי שנמצא במרבית מועדי הניטור בשנים הקודמות (איור 2.30). בחורף נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי החומצה הסיליצית לטמפרטורה. ממצאים אלה וחישובים של הזרמות החומצה הסיליצית לים מצביעים על כך שכנראה המקור לריכוזים הגבוהים, יחסית, של חומצה סיליצית שנמדדו בים הוא רכוז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים. עפ"י נתוני ההזרמה לים של מתקני ההתפלה של מים מליחים (נספח ב') לאחר המיחול עם מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון, ריכוזי החומצה הסיליצית היו 97 עד 110 מיקרומולר (טבלה 2.14). נתונים אלה יכולים להסביר את הריכוזים הגבוהים שנמדדו בים.

### זרחן

ריכוזי הפוספאט שנמדדו בשלושת מועדי הניטור היו בתחום 0.002-0.32 מיקרומולר (0.0007-0.01 מג"ל). רק בקיץ ערכי החציון של ריכוזי הפוספאט באזור הניטור היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. בדיגומי האביב והסתיו נמצא מתאם בין ריכוזי הפוספאט למליחות (איור 2.30), בניגוד למרבית הדיגומים בשנים קודמות (בכל השנים 2008-2021 נמצא מתאם רק ב-14 מתוך 47 דיגומים). בחורף נמצא מתאם בין ריכוזי הפוספאט לטמפרטורה של מי הים.

ריכוזי הזרחן האורגני (TOP - המחושב כהפרש בין זרחן כללי לפוספאט) שנמדדו בארבעת מועדי הניטור היו עד כ-1 מיקרומולר (0.03 מג"ל). כמו במרבית הדיגומים בשנים קודמות, באביב, בקיץ ובסתיו נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי TOP למליחות של מי הים (איורים 2.30, 2.31). ממצאים אלה מצביעים על כך שבחלקם ריכוזי TOP שנמדדו באזור הניטור נובעים מהזרמה של פוליפוספונט ממתקן התפלה אשקלון וייתכן שבמידה פחותה בהרבה גם מההזרמה של פוליפוספונט ממתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים (עקב השימוש באנטיסקלנטים פוספונטים בתהליך ההתפלה).<sup>6</sup> בחורף נמצא מתאם בין ריכוזי TOP לטמפרטורה של מי הים. מאחר שבעת הניטור לא נעשה שימוש באנטיסקלנטים במתקן התפלה אשקלון (לא היה ייצור של מים מותפלים), כנראה שהמתאם משקף את ההזרמה של פוספונט ממתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים.

כל ריכוזי הזרחן הכללי שנמדדו באזור הניטור היו נמוכים מתקן מי הים (0.1 מג"ל או 3.2 מיקרומולר). באביב ובקיץ ריכוזי החציון של זרחן כללי היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס (טבלה 2.14). באופן כללי, היחסים בין ריכוזי הזרחן האורגני והפוספאט אשר נמדדים באופן שגרתי במי הרכז של מתקן ההתפלה, כמו גם ממצאי הניטור הרב-שנתי של שני הפרמטרים בים, מצביעים על כך שתרכובות הפוליפוספונט אשר מוזרמות לים ממתקני ההתפלה אינן תורמות כמויות משמעותיות של פוספאט

<sup>6</sup> על מנת לבחון את תרומת האנטיסקלנט היה נכון יותר לבדוק מתאם בין זרחן אורגני מומס (DOP) לבין המליחות של מי הים. אבל, מאחר שבחיא"ל בודקים דוגמאות לא מסוננות, הריכוזים המדווחים הם זרחן כללי (TP) ופוספאט ולכן ההפרש בין TP לפוספאט הוא זרחן אורגני כללי (TOP). להערכת חיא"ל התרומה של זרחן חלקיקי ל- TOP זניחה ולכן ערכי TOP קרובים לערכי DOP.

לאזור הניטור. מסקנה זו תואמת לידע על התכונות של תרכובות אלו (קצב איטי של פירוק יחסית לקצב המיהול בים).

ניתוח מגמות רב-שנתי (2008-2021) של ריכוזי הנוטריאנטים במי הים באזור הניטור ביחס להזרמה של נוטריאנטים לאזור מפורט בנספח ה.<sup>7</sup> המסקנות העיקריות הן:

- לא ניתן להצביע על מגמות רב-שנתיות עקביות של שינויים כלליים (בכל אזור הניטור) בריכוזי הנוטריאנטים באף אחת מעונות השנה. עם זאת, באופן כללי, בשנים 2011-2021, שבהן העומסים של ניטראט וחומצה סיליצית ממי הרכז של מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים של חברת מקורות גדלו בשיעור ניכר, הריכוזים של נוטריאנטים אלה בתחום של 500 מטר ממוצא מי הרכז היו גבוהים יותר מאשר בשנים הקודמות. ריכוזים גבוהים במיוחד של ניטראט ( $>10 \mu M$ ) נמדדו בשבע השנים האחרונות (2015-2021) שבהן הייתה עליית מדרגה נוספת בעומס הניטראט ממתקני ההתפלה של מקורות.
- השינויים הרב-שנתיים בריכוזי הנוטריאנטים באזור הניטור לא באו לידי ביטוי בריכוזי החציון של הכלורופיל, שבמרבית תקופת הניטור תאמו לערכי הייחוס, למעט כמה ריכוזי חציון חריגים אשר משקפים כנראה הסעה לאזור הניטור של כתמי כלורופיל שנוצרו מול רצועת עזה בעקבות הזרמת ביוב לים (ראו סעיף 2.4.1.7 להלן).

<sup>7</sup> ניתוח זה נדרש ע"י המשרד להגנת הסביבה החל מדו"ח הניטור לשנת 2017.

טבלה 2.13: ערכי הייחוס של נוטריאנטים, כלורופיל ו- TSS לאורך החוף הדרומי הרדוד של ישראל (קרס וחובריה, 2017) והטווחים וערכי החציון של פרמטרים אלה שנמדדו באזור הניטור בשנת 2021. ריכוזי הנוטריאנטים מוצגים ביחידות מיקרומולר וגם ביחידות מג"ל (בסוגריים). ערך חציון מודגש - גבוה מקריטריון ההתאמה לערך הייחוס (+50%).

| ניטור                             | חורף                                  | אביב                                      | קיץ                          | סתיו                    | חורף                            | אביב                      | קיץ                         | סתיו                   |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                   | ניטראט+ניטריט, $\mu\text{M}$ (מג"ל N) |                                           |                              |                         | אמוניום, $\mu\text{M}$ (מג"ל N) |                           |                             |                        |
| ערך ייחוס                         | 1.22 (0.017)                          | 0.30 (0.004)                              | 0.31 (0.004)                 | 0.74 (0.010)            | 0.61 (0.009)                    | 0.26 (0.004)              | 0.28 (0.004)                | 0.86 (0.012)           |
| ערך ייחוס+ 50%                    | 1.83 (0.026)                          | 0.45 (0.006)                              | 0.47 (0.006)                 | 1.11 (0.015)            | 0.92 (0.014)                    | 0.39 (0.006)              | 0.42 (0.006)                | 1.29 (0.018)           |
| טווח ריכוזים 2021                 | 0.19-14 (0.003-0.204)                 | 0.31-11 (0.15- 0.004)                     | 0.15-18.0 (0.002-0.25)       | 6.80.15 - (0.002-0.1)   | 0.78 -0.18 (0.003-0.011)        | 0.07-1.5 (0.001-0.022)    | 1.1 - <0.06 (0.015-< 0.001) | 0.37-1.7 (0.005-0.024) |
| חציון 2021                        | 4.0 (0.055)                           | 1.09 (0.015)                              | 3.3 (0.046)                  | 1.18 (0.016)            | 0.42 (0.006)                    | 0.30 (0.004)              | 0.34 (0.005)                | 0.58 (0.008)           |
| חנקן כללי, $\mu\text{M}$ (מג"ל N) |                                       | חומצה סיליצית, $\mu\text{M}$ (מג"ל Si )   |                              |                         |                                 |                           |                             |                        |
| ערך ייחוס                         | 5.74 (0.08)                           | 6.38 (0.089)                              | 7.94 (0.111)                 | 6.85 (0.096)            | 1.00 (0.028)                    | 1.33 (0.037)              | 1.56 (0.044)                | 1.20 (0.034)           |
| ערך ייחוס+ 50%                    | 8.61 (0.12)                           | 9.57 (0.134)                              | 11.91 (0.167)                | 10.28 (0.144)           | 1.50 (0.042)                    | 2.00 (0.056)              | 2.34 (0.066)                | 1.80 (0.051)           |
| טווח ריכוזים 2021                 | 8.22-0.274 (0.115-0.274)              | 9.5-24 (0.13-0.33)                        | 8.9-31.0 (0.124-0.435)       | 6.2-22.0 (0.09-0.31)    | 1.5-9.9 (0.041-0.27)            | 12.0 – 3.80 (0.29 – 0.08) | 4.9-14.0 ( 0.40 - 0.14)     | 1.7-11.0 (0.05-0.31)   |
| חציון 2021                        | 11.2 (0.157)                          | 12.6 (0.18)                               | 14.00 (0.196)                | 7.3 (0.10)              | 4.1 (0.12)                      | 5.67 (0.16)               | 8.9 (0.25)                  | 2.7 (0.08)             |
| פוספאט, $\mu\text{M}$ (מג"ל P)    |                                       | TDP <sup>8</sup> , $\mu\text{M}$ (מג"ל P) |                              |                         |                                 |                           |                             |                        |
| ערך ייחוס                         | 0.162 (0.005)                         | 0.110 (0.003)                             | 0.059 (0.002)                | 0.106 (0.003)           | *                               | 0.131 (0.004)             | 0.119 (0.004)               | *                      |
| ערך ייחוס+ 50%                    | 0.243 (0.008)                         | 0.165 (0.005)                             | 0.089 (0.003)                | 0.159 (0.005)           | *                               | 0.197 (0.006)             | 0.179 (0.006)               | *                      |
| טווח ריכוזים 2021                 | 0.036-0.15 (0.001-0.005)              | 0.07-0.19 (0.006 - 0.002)                 | 0.18 - 0.08 ( 0.006 - 0.002) | 0.02-0.32 (0.006-0.029) | 0.032-0.265 (0.001-0.008)       | 0.21-0.90 (0.007-0.028)   | 0.177-0.954 (0.030 - 0.005) | 0.01-0.37 (0-0.011)    |
| חציון 2021                        | 0.07 (0.002)                          | 0.082 (0.003)                             | 0.12 (0.004)                 | 0.06 (0.002)            | 0.11 (0.003)                    | 0.32 (0.01)               | 0.361 (0.011)               | 0.06 (0.002)           |
| כלורופיל, $\mu\text{g/L}$         |                                       | TSS, מג"ל                                 |                              |                         |                                 |                           |                             |                        |
| ערך ייחוס                         | 0.34                                  | 0.54                                      | 0.52                         | 0.26                    | *                               | 1.55                      | *                           | *                      |
| ערך ייחוס+ 50%                    | 0.51                                  | 0.81                                      | 0.78                         | 0.39                    | *                               | 2.33                      | *                           | *                      |
| טווח ריכוזים 2021                 | 0.13-0.57                             | 0.71-1.08                                 | 1.73- 0.75                   | 0.18-0.43               |                                 | 1.71-3.09                 |                             | 0.40-4.34              |
| חציון 2021                        | 0.40                                  | 0.88                                      | 1.24                         | 0.35                    |                                 | 2.31                      |                             | 0.98                   |

\* לא נקבעו ערכי ייחוס עקב חוסר בנתונים.

<sup>8</sup> ערך הייחוס נקבע לזרחה כללי מומס (TDP) אבל בניטור נבדק זרחה כללי (TP) אשר כולל גם זרחה חלקיקי. להערכת חיאל ערכי TDP קרובים לערכי TP.

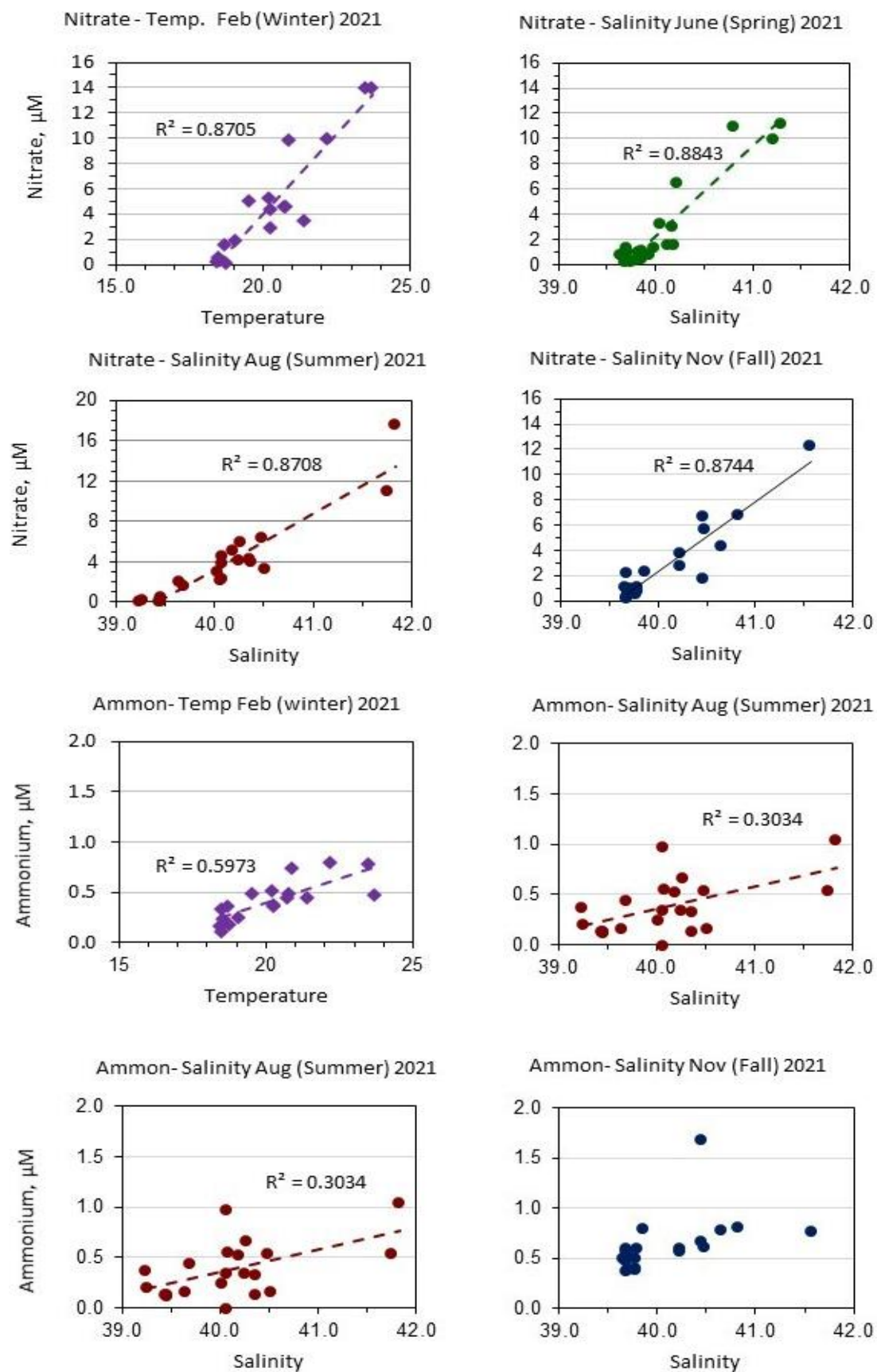
טבלה 2.14: ריכוזי ניטראט וחומצה סיליצית (ממוצעים לשנת 2021) ברכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים והריכוזים המחושבים לימי הדיגום של מי הים בשנת 2021 לאחר המיהול עם מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון.<sup>9</sup>

| תאריך<br>2021 | מי רכז<br>התפלת<br>מים<br>מליחים<br>מבארות<br>מ"ק/יום | מי רכז מתקן<br>התפלה<br>אשקלון<br>מ"ק/יום | יחס<br>מיהול | ניטראט במי<br>רכז התפלת<br>מים<br>מליחים,<br>מיקרומולר | ניטראט ממי רכז<br>התפלת מים<br>מליחים לאחר<br>מיהול במי רכז של<br>מתקן התפלה<br>אשקלון,<br>מיקרומולר | חומצה<br>סיליצית במי<br>רכז התפלת<br>מים מליחים,<br>מיקרומולר | חומצה סיליצית<br>ממי רכז התפלת<br>מים מליחים<br>לאחר מיהול במי<br>רכז של מתקן<br>התפלה אשקלון,<br>מיקרומולר |
|---------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.2           | 14,385                                                | * 338,365                                 | 24           | 4,331                                                  | 180                                                                                                  | 2,420                                                         | 101                                                                                                         |
| 23.6          | 19,893                                                | 443,085                                   | 22           | 4,331                                                  | 197                                                                                                  | 2,420                                                         | 110                                                                                                         |
| 15.8          | 17,716                                                | 446,055                                   | 25           | 4,331                                                  | 173                                                                                                  | 2,420                                                         | 97                                                                                                          |
| 14.11         | 19,599                                                | 431,298                                   | 22           | 4,331                                                  | 197                                                                                                  | 2,420                                                         | 110                                                                                                         |

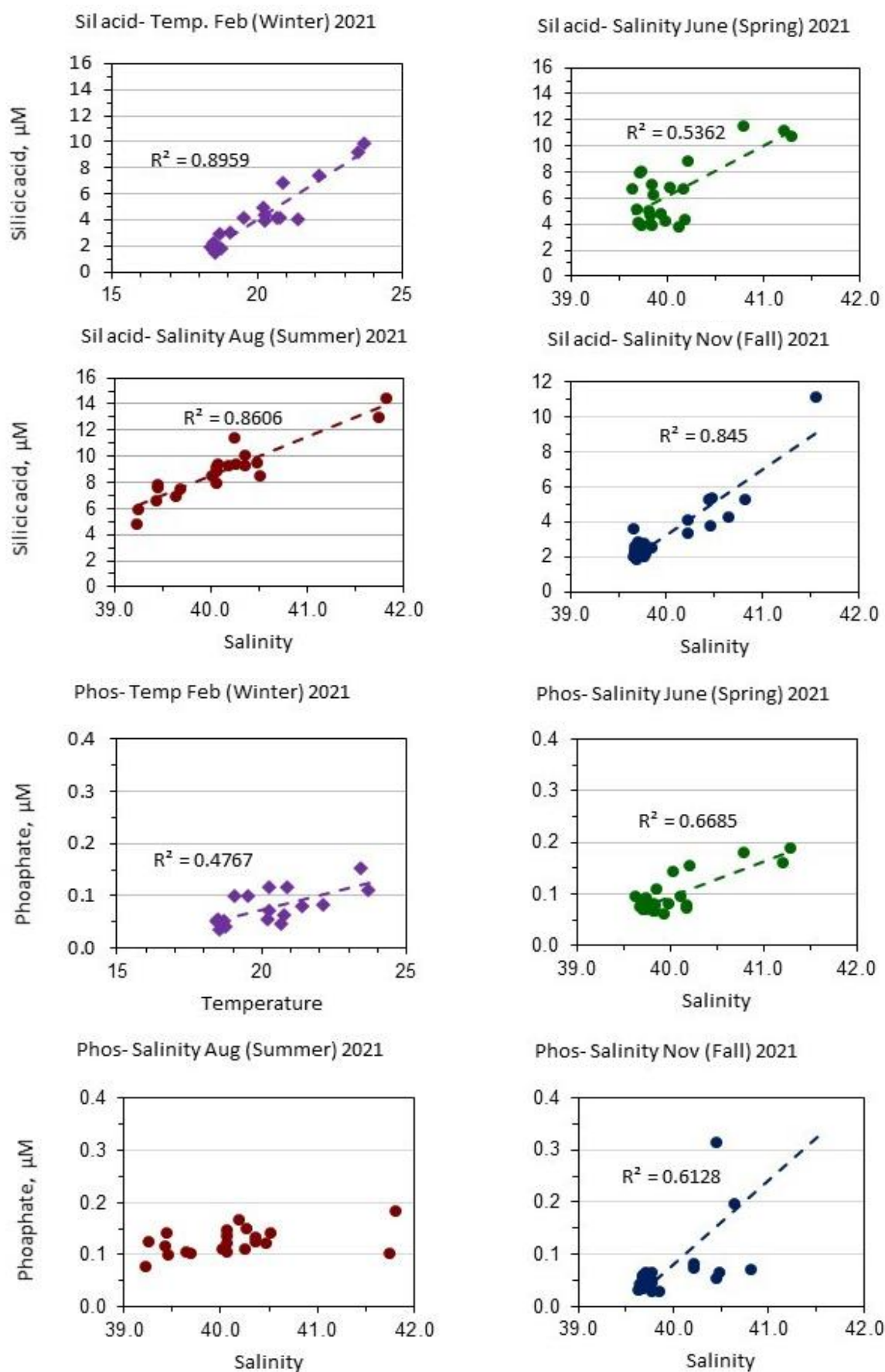
\* מתוך הכמות היומית, בשעות הניטור סוחררו מי ים כי לא היה ייצור של מים מותפלים.

<sup>9</sup> הריכוזים הממוצעים השנתיים של ניטראט וחומצה סיליצית לקוחים מנספח ב'. לאור סטיות התקן הקטנות לריכוזים הממוצעים השנתיים, מוערך שהשגיאה עקב שימוש בממוצעים השנתיים לחישובים בטבלה היא פחות מ- 10%.

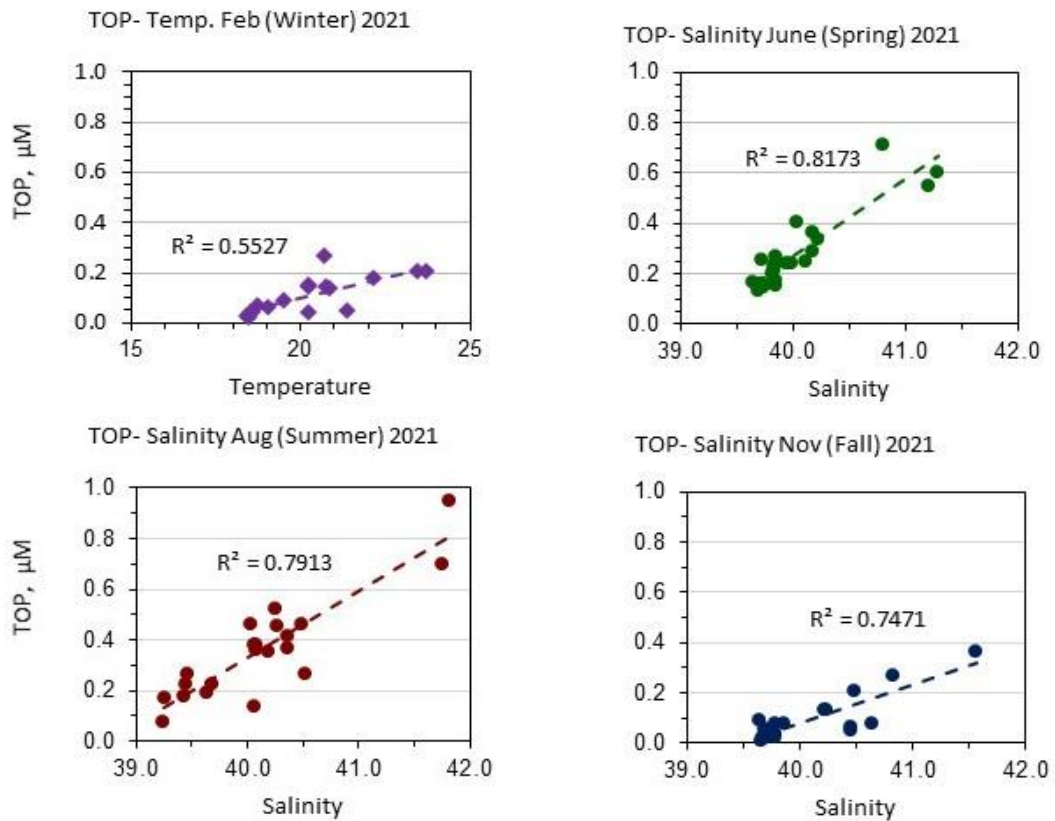
איור 2.30: היחסים בין ריכוזי ניטראט, אמוניום, חומצה סיליצית, פוספאט ו- TOP לבין המליחות של מי הים באזור הניטור באביב, בקיץ ובסתיו 2021 והטמפרטורה של מי הים בחורף 2021. קווי רגרסיה לינארית ורמת המתאם מוצגים כאשר  $R^2 > 0.3$ .



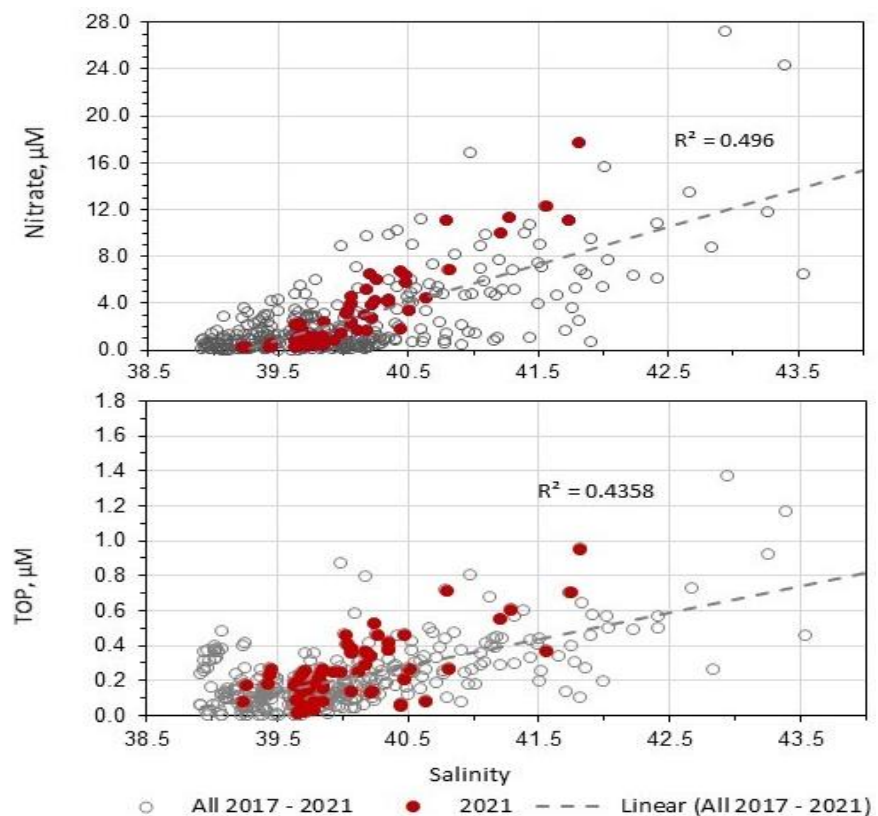
## איור 2.30: (המשך)



## איור 2.30: (המשך)



**איור 2.31: היחסים בין ריכוזי ניטראט ו- TOP למליחות של מי הים באזור הניטור בכל מועדי הניטור בשנים 2017 – 2021 (למעט חורף 2021). נתוני מודגשים באדום.**



#### 2.4.1.7 כלורופיל

ריכוזי הכלורופיל שנמדדו באזור הניטור בארבעת מועדי הניטור מוצגים בטבלאות 2.8-2.11. היחסים בין ריכוזי הכלורופיל למליחות ולטמפרטורה של מי הים בכל אחד ממועדי הניטור מוצגים באיור 2.32. בטבלה 2.12 מוצגים ערכי הייחוס של כלורופיל והטווחים וערכי החציון של ריכוזי הכלורופיל שנמדדו בכל אזור הניטור ב- 2021. באיור 2.33 מוצגים היחסים בין ריכוזי כלורופיל למליחות ולטמפרטורה של מי הים באזור הניטור בעונות האביב והסתיו בעשר השנים האחרונות, 2012-2021.

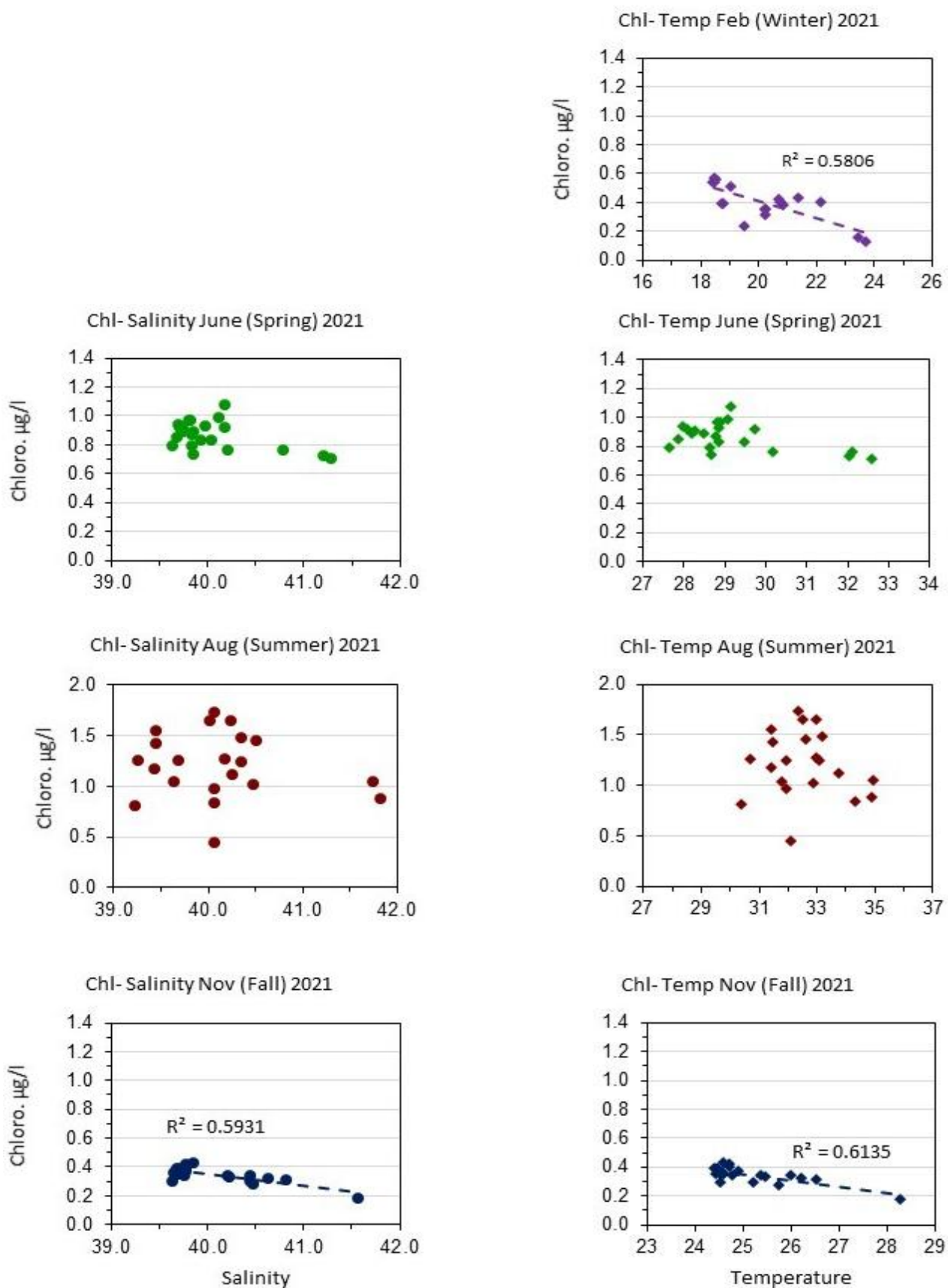
ריכוזי הכלורופיל באזור הניטור בחורף ובסתיו היו נמוכים, עד כ- 0.6 מק"ל, וערכי החציון של הריכוזים (0.40 ו- 0.35 מק"ל, בהתאמה) תאמו לערכי הייחוס. באביב ובקיץ נמדדו ריכוזים יותר גבוהים, עד 1.0 ו- 1.7 מק"ל, בהתאמה, וערכי החציון (0.88 ו- 1.24, בהתאמה) היו גבוהים מערכי הייחוס. בדיגום החורף נמצא מתאם לינארי שלילי בין ריכוזי הכלורופיל לטמפרטורה של מי הים ובסתיו נמצא מתאם כזה בין ריכוזי הכלורופיל לבין המליחות והטמפרטורה, כאשר בשני הדיגומים טווח השינויים בריכוזי הכלורופיל בין תחנות הדיגום השונות היה קטן. באביב ובקיץ, כאשר ריכוזי הכלורופיל היו יותר גבוהים וטווח השינויים בין תחנות הדיגום היה יותר גדול, לא נמצא מתאם בין ריכוזי הכלורופיל למליחות והטמפרטורה של מי הים. סביר להניח שממצאי דיגום הקיץ ואולי גם ממצאי דיגום האביב מצביעים על השפעה של הזרמת ביוב לים מרצועת עזה. גם בדיגום הקיץ מול אשקלון במסגרת תכנית הניטור הלאומית (2021:2.8) נמדדו ריכוזי כלורופיל גבוהים מקריטריון ההתאמה לערך הייחוס (1.61 ו- 1.31 מק"ל בפני השטח בנקודות דיגום בעומקי מים של 5 ו- 10 מ', בהתאמה).<sup>10</sup>

בבחינה של הנתונים הרב-שנתיים (2012-2021) של ניטור הכלורופיל בעונות האביב והסתיו (איור 2.33) לא נראית מגמה של שינוי בריכוזי הכלורופיל עם הזמן. מסקנה זו תקפה גם לשנים קודמות ולעונות החורף והקיץ, מאז תחילת הפעילות של מתקן התפלה אשקלון ומתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים (ראו דוחות ניטור קודמים). ריכוזי כלורופיל חריגים (1.2 מק"ל >), כפי שנמדדו בקיץ 2021, נמדדו באזור הניטור בקיץ גם בשנים 2009, 2010, 2011, 2016, 2017, 2018 ו- 2020, בחורף בשנים 2012 ו- 2017, באביב 2013 ובסתיו 2017. כפי שהוסבר בדוחות הניטור לאותן שנים הם נבעו, כנראה, משתי סיבות: הזרמה לים של ביוב מרצועת עזה אשר גרמה להתפתחות מקומית מוגברת של אצות שהוסעו צפונה עם זרמי הים וכתמי כלורופיל שהגיעו מאזור הדלתא של הנילוס. תופעות אלו, במיוחד השפעת הביוב מרצועת עזה, תועדו בניתוחים של צילומי לוויין מהשנים 2006, 2008 ו- 2011 אשר בוצעו ע"י חיא"ל עבור חברת וי.אי.די (טיבור וכתר, 2011), בדוחות הניטור הלאומי מאז שנת 2009 (לדוגמה - חרות וחוברין, 2018) ובדוח של חיא"ל על ההזרמה לים של ביוב עזה (Silverman et al, 2017).

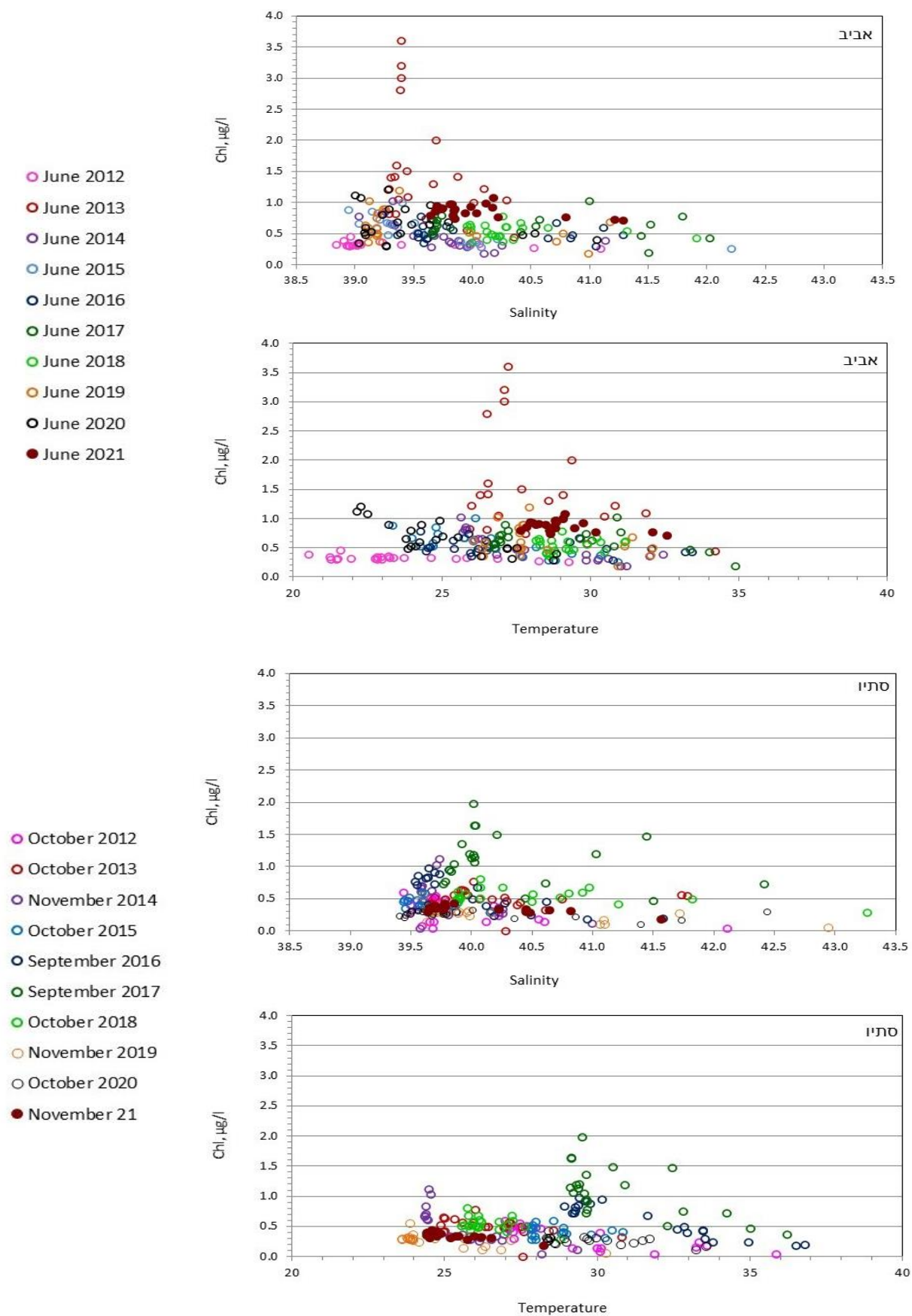
המסקנה הכללית אשר עולה מהממצאים של הניטור הרב-שנתי של כלורופיל היא שלהזרמות של מי הקירור מתחנת הכח רוטנברג ושל מי הרכז ממתקני ההתפלה אין השפעה משמעותית על הביומסה של אצות באזור הניטור.

<sup>10</sup> נתונים שהתקבלו מחיא"ל.

איור 2.32: היחסים בין ריכוזי כלורופיל למליחות ולטמפרטורה של מי הים באזור הניטור בחורף באביב, בקיץ ובסתיו 2021. קווי רגרסיה לינארית ורמת המתאם מוצגים כאשר  $R^2 > 0.3$ .



**איור 2.33: היחסים בין ריכוזי כלורופיל למליחות ולטמפרטורה של מי הים באזור הניטור בעונות האביב והסתיו בשנים 2012-2021.**



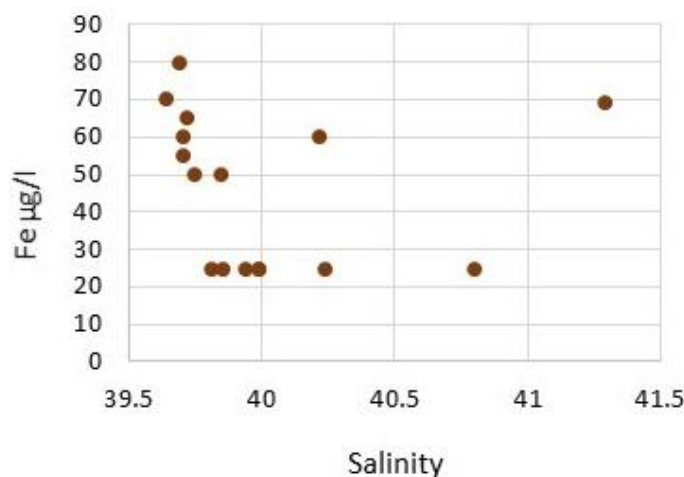
#### 2.4.1.8 פחמן אורגני מומס (TOC)

ריכוזי TOC שנמדדו באביב ובסתיו מוצגים בטבלאות 2.9 ו- 2.11. כל הריכוזים עד 1.3 מג"ל הינם בתחום הריכוזים האופייניים במים חופיים בכלל (עד כ- 6 מג"ל, Kennish, 1997) והריכוזים שנמדדו באתרים לא מזוהמים באזור הרדוד של מימי החופין של ישראל במסגרת תכניות ניטור וסקרים שונים.

#### 2.4.1.9 מתכות כבדות

תוצאות הבדיקות של הריכוזים הכלליים של מתכות במי הים (מתכות מומסות + ספוחות לחלקיקים מרחפים) שנדגמו באביב ובסתיו, מוצגות בטבלה 2.15 בהשוואה לתקן מי הים ולתקנים לאיכות מי ים של ארה"ב ושל האיחוד האירופי.<sup>11, 12, 13</sup> כל המתכות שנבדקו, למעט אלומיניום בכל נקודות הדיגום בשני מועדי הדיגום, ברזל בחלק מנקודות הדיגום באביב ובנקודה אחת בסתיו וריכוז נמוך מאד של אבץ בדגימה אחת, לא התגלו בגבולות הגילוי של הבדיקות שכולם נמוכים מערכי התקנים הסביבתיים המחמירים ביותר. לא נמצא קשר בין ריכוזי הברזל בדיגום האביב למליחות של מי הים ולכן ברור שמתקן ההתפלה איננו המקור לברזל (איור 2.34). ברור גם שלהזרמת התמלחות ממפעל אינטל אלקטרוניקה אין השפעה על ריכוזי המתכות במי הים באזור הניטור. ייתכן שהמקור לריכוזים החריגים של ברזל שנמדדו בדיגום האביב הוא עבודות השיפוץ של מזח הפחם של תחנת הכח רוטנברג (שימוש בגרגרי J-Blast המכילים תחמוצת ברזל להסרה של חלודה מעמודי המזח וחלקיקי חלודה שנשרו לים).

**איור 2.34: יחסי ברזל במי הים (ריכוז כללי) – מליחות בדיגום אביב 2021. תוצאות הבדיקות שבהן לא התגלה ברזל ( $< 50 \mu\text{g/L}$ ) מוצגות כשוות למחצית גבול הגילוי ( $25 \mu\text{g/L}$ ).**



<sup>11</sup> קריטריונים לאיכות מי ים של הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (US EPA, 2020) שמטרתם לספק הגנה על החי הימי. התקנים מתייחסים לריכוזים הכלליים של המתכות (מתכות מומסות+ספוחות לחומר מרחף):

CCC = Criteria Continuous Concentration  
CMC = Criteria Maximum Concentration

<sup>12</sup> תקנים לאיכות מי ים של האיחוד האירופי (דירקטיבת המים WFD - European Union, 2013) שמטרתם לספק הגנה על החי הימי. התקנים מתייחסים רק למתכות המומסות (עוברות פילטר של 0.45 מיקרומטר) ולכן הם מחמירים.

AA=Annual Average  
MAC=Maximum Allowable Concentration

<sup>13</sup> ההשוואה של תוצאות הניטור לשלוש המערכות השונות של תקנים סביבתיים, על אף שלכל אחת ממערכות התקנים יש רציונאל שונה, היא דרישה מפורשת של המשרד להגנת הסביבה.

טבלה 2.15: הריכוזים הכלליים (מומס + חלקיקי) של מתכות כבדות במי הים באזור הניטור באביב (23.6) ובסתיו (14.11) 2021, התקן המומלץ ע"י המשרד להגנת הסביבה לאיכות מי הים התיכון (תקן הג"ס) והתקנים לאיכות מי ים (ריכוזים כלליים של מתכות) של ארה"ב ושל האיחוד האירופי.

| Station    | Depth<br>m | Al | Ag  | As | Cd   | Cr   | Cu  | Fe   | Mn | Ni   | Pb    | Se    | Zn   |
|------------|------------|----|-----|----|------|------|-----|------|----|------|-------|-------|------|
| אביב       |            |    |     |    |      |      |     |      |    |      |       |       |      |
| RUT 1      | 0.62       | 22 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
| RUT 4N     | 0.57       | 21 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
|            | 6.62       | 26 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | 55   | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
| RUT 5      | 0.48       | 25 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | ≤ 50 | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
| RUT 6      | 0.53       | 30 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | 60   | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
|            | 4.97       | 30 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | 65   | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
| RUT 8N     | 0.56       | 21 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
|            | 8.29       | 26 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | 80   | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
| RUT 9      | 0.67       | 33 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | 60   | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
|            | 13.75      | 34 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | 70   | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
| RUT 14     | 0.61       | 20 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | <50  | <2 | ≤ 1  | <0.1  | <7    | <2   |
|            | 4.39       | 24 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | ≤ 50 | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
| RUT 15     | 0.69       | 22 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
|            | 4.70       | 23 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
| RUT 16     | 0.56       | 22 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
|            | 6.87       | 31 | <1  | <7 | <0.1 | <5   | <1  | 60   | <2 | <1   | <0.1  | <7    | <2   |
| סתיו       |            |    |     |    |      |      |     |      |    |      |       |       |      |
| RUT 1      | 0.63       | 46 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | 80   | <2 | <1   | ≤ 0.1 | <10   | <2   |
| RUT 4N     | 0.56       | 22 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
|            | 6.87       | 20 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
| RUT 5      | 0.69       | 28 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
| RUT 6      | 0.55       | 26 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
|            | 5.36       | 25 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | 3    |
| RUT 8N     | 0.49       | 25 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
|            | 7.83       | 24 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
| RUT 9      | 0.55       | 24 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
|            | 13.62      | 25 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
| RUT 14     | 0.59       | 30 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
|            | 4.51       | 20 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
| RUT 15     | 0.55       | 28 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
|            | 4.62       | 24 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
| RUT 16     | 0.50       | 63 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | ≤ 0.1 | <10   | <2   |
|            | 6.31       | 30 | < 1 | <7 | <0.1 | <10  | <1  | <50  | <2 | <1   | <0.1  | <10   | <2   |
| תקן הג"ס   | ממוצע      |    | 3   | 36 | 0.5  | 10   | 5   |      |    | 10   | 5     | 60    | 40   |
|            | מרבית      |    | 7   | 69 | 2    | 20   | 10  |      |    | 50   | 20    | 150   | 100  |
| תקן US EPA | CCC        |    |     | 36 | 8.9  | 50.3 | 3.7 |      |    | 8.3  | 8.5   | 71.1  | 85.6 |
|            | CMC        |    | 2.2 | 69 | 40.2 | 1108 | 5.8 |      |    | 74.7 | 220.8 | 290.6 | 95.1 |
| תקן EU WFD | AA         |    |     |    | 0.2  |      |     |      |    | 8.6  | 1.3   |       |      |
|            | MAC        |    |     |    | 0.45 |      |     |      |    | 34   | 14    |       |      |

#### 2.4.1.10 כלור

תוצאות בדיקות כלור חופשי וכלור כללי באביב ובסתיו מוצגות בטבלה 2.16; כולן נמוכות מהריכוז המותר בהיתר ההזרמה לים של תחנת הכח רוטנברג, 0.2 מג"ל. יש לציין שבהתאם להוראות היתר ההזרמה מתבצעות בדיקות שבועיות של כלור חופשי בתעלות המוצא של מי הקירור של כל יחידת ייצור, עוד טרם ההזרמה לים. בבדיקות אלו לא נמדדו ריכוזים גבוהים מ- 0.2 מג"ל (הנתונים דווחו למשרד להגנת הסביבה).

**טבלה 2.16: ריכוזי כלור חופשי וכלור כללי במי הים בניטור האביב (23.6.21) והסתיו (14.11.21)**

|      | נקודת דיגום | כלור חופשי, מג"ל | כלור כללי, מג"ל |
|------|-------------|------------------|-----------------|
| אביב | RUT1        | 0.02             | 0.05            |
|      | RUT4        | 0.03             | 0.07            |
| סתיו | RUT1        | 0.03             | 0.04            |
|      | RUT4        | 0.12             | 0.14            |

## 2.4.2 מיקרואצות בגוף המים

בטבלאות 2.17 ו- 2.18 מוצגות תוצאות בדיקות המיקרואצות במי הים שנדגמו באביב (13.6.21) ובסתיו (14.11.21) בנקודות RUT3 (250 מטר ממוצאי מי הקירור ומי הרכוז), RUT9 (800 מטר מהמוצאים) ו- RUT17 (1,160 מטר מערבית למוצאים, בסמוך לראשי היניקה של מי הגלם של מתקן התפלה אשקלון) (איור 2.1 א). טבלאות 2.19 ו- 2.20 מציגות את עושר המינים, ריכוז התאים לליטר ומגוון המינים של קבוצות המיקרואצות בשתי העונות. איורים 2.35 ו- 2.36 מציגים באופן השוואתי את עושר המינים וריכוז תאי האצות בשתי העונות בשנת 2021. איור 2.37 מציג ניתוח אשכולות של מגוון המינים של כלל האצות בשנים 2017-2021. טבלה 2.21 מציגה את עושר הטקסונים הכללי (בשלוש נקודות הדיגום) של קבוצות המיקרואצות השונות באביב ובסתיו בשנים 2017-2021. איור 2.38 מציג את עושר הטקסונים הכללי (כל הקבוצות בשלוש נקודות הדיגום) באביב ובסתיו בשנים 2017-2021 ואיור 2.39 מציג באופן השוואתי את ריכוז תאי האצות בחמש השנים האחרונות (2017-2021) בשתי העונות. טבלה 2.22 מציגה את מספר התאים לליטר של שלושה מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל רעילות בשנת 2021, בשנים קודמות ובאזורים אחרים לאורך החוף של ישראל. האצות סווגו ל-5 קבוצות גודל והשתייכות טקסונומית: (1) תאים קטנים מ- 2 מיקרומטר, קבוצה הכוללת בעיקר את הכחוליות החד תאיות (Cyanobacteria) הנפוצות מהמין *Synechococcus sp.*; (2) אצות קטנות מ-5 מיקרומטר הכוללות בעיקר אצות אאוקריוטיות קטנות; (3) אצות גדולות מ- 5 מיקרומטר של מיני דינופלגלטים (*Dinoflagellates*); (4) אצות צורניות (Diatoms) גדולות מ- 5 מיקרומטר; (5) אצות ירוקיות (*Chlorophyceae*).

## אביב

בדיגום האביב, עושר המינים של הכחוליות והירוקיות היה נמוך בסדר גודל מזה של הצורניות והדינופלגלטים. עושר המינים בקבוצות השונות היה דומה בשלוש נקודות הדיגום, למעט קבוצת הצורניות בה עושר המינים היה גבוה יותר בנקודה RUT3 הקרובה למוצאי מי הקירור ומי הרכוז וקבוצת הכחוליות בה עושר המינים בנקודה RUT9 היה כמחצית מאשר בנקודות הדיגום האחרות (טבלה 2.19, איור 2.35). ריכוז המיקרואצות היה דומה בשלוש הנקודות, הגבוה ביותר בנקודה RUT17 והנמוך ביותר בנקודה RUT9. מגוון המינים היה הגבוה ביותר בנקודה RUT3 והנמוך ביותר בנקודה RUT9 (טבלה 2.20; איור 2.36).

הכחוליות הופיעו בשכיחות הגבוהה ביותר בשלוש נקודות הדיגום והיוו 94.2%, 92.9% ו- 93.6% מכלל האצות בנקודות RUT3, RUT9 ו- RUT17, בהתאמה. המין השליט מהכחוליות היה *Synechococcus*

*sp.* שהופיע בשכיחות דומה בשלוש הנקודות אך גבוה במעט בנקודה RUT17 בהשוואה ל-RUT9. מין זה שכיח בחופי הארץ והופיע בריכוזים דומים בניטור בשנים קודמות בשתי העונות (כהן וחוברי, 2018 ; 2019 ; 2020 ; 2021) וגם באזורים אחרים בחוף הישראלי, כגון באזור אשדוד בשנים 2015-2020 (שהם-פרידר וחובריה, 2020 ; סיסמה-ונטורה, 2021). בנוסף למין זה הופיעו בשכיחות גבוהה יחסית (יותר מ- $10^3$  Cells/L) המין *Leptolyngbya spp.* בשלוש נקודות הדיגום ; המינים *Spirulina major*, *Gloeocapsopsis sp.* ו-*Oscillatoria limosa* רק בנקודה RUT3 ; המינים *Chroococcopsis epiphytica* ו-*Lyngbya spp.* בנקודות RUT3 ו-RUT17 (טבלה 2.17).

בקבוצת הצורניות עושר המינים היה הגבוה ביותר בנקודה RUT3 (טבלה 2.19, איור 2.35). מספר התאים לליטר היה דומה מאוד בשלוש נקודות הדיגום (טבלה 2.20, איור 2.36). מינים של *Thalassiosira spp.*, המין *Ceratoneis closterium* (שמו בעבר *Cylindrotheca closterium*) ו-*Pseudonitzschia sp.* הופיעו בריכוז של לכל היותר  $10^3$  Cells/L בשלוש נקודות הדיגום. מינים של *Thalassiosira spp.* והמין *Ceratoneis closterium* בריכוזים גבוהים מ- $10^7$  ו- $10^6$  Cells/L, בהתאמה, עלולים ליצור רקמה רירית, צבע וריח רע במי הים (Tas et al, 2016). מינים מסוג *Chaetoceros spp.*, *Leptocylindrus danicus* ו-*Thalassionema sp.* הופיעו בריכוז של  $10^4$  Cells/L בשלוש הנקודות וגם מינים מהסוג *Bacteriastrum spp.* (למעט בנקודה RUT9, בה ריכוזם היה אלפי תאים לליטר). מינים מסוג *Chaetoceros spp.* בריכוזים גבוהים מ- $4.6 \times 10^5$  Cells/L עלולים לגרום לתמותה עקב פגיעה בזימים של אורגניזמים כגון דגים בגלל המבנה הפיזיקלי של השלד הצורני שלהם. יש לציין שתמותה של דגים נצפתה גם בריכוזים של  $10^3$  אך רק בכלובי דגים בהם צפיפות הדגים גבוהה מאוד ואין להם לאן לברוח. בתנאים טבעיים, תמותה של דגים בעקבות פריחה של מינים של *Chaetoceros* תועדה רק בריכוזים של  $10^5$ - $10^6$  Cells/L כשהיו לפחות שני גורמי סביבה מופרים נוספים, כגון רמות חמצן נמוכות, טמפרטורה גבוהה, זיהום או פתוגנים (Helleren, 2016). שלושה מינים נוספים של צורניות הופיעו בריכוזים של  $10^3$  Cells/L ושלושה עשר מינים בריכוזים של מאות תאים לליטר, בחלק מנקודות הדיגום. יתר המינים הופיעו בריכוז של עשרות תאים לליטר לכל היותר (טבלה 2.17). מינים אלה שכיחים במימי החופים והופיעו גם בדיגומים בשנים קודמות ובניטור באזור אשדוד.

בקבוצת הדינופלגלטים עושר המינים עלה עם המרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכז והיה גבוה בנקודה RUT17 ב-3 ו-7 מינים ביחס לנקודות RUT9 ו-RUT3, בהתאמה. לעומת זאת, ריכוז התאים לליטר ירד עם המרחק מהמוצאים אך ההבדלים לא היו גדולים (טבלה 2.19 ; איור 2.36). הגורם העיקרי להבדלים אלה הוא מיני האצות הקטנות מ-15 מיקרומטר שהיוו 87.5%, 81.4% ו-70.4% מסך הדינופלגלטים בשלוש הנקודות, בהתאמה. רוב המינים הופיעו בריכוזים של תאים בודדים או עשרות תאים לליטר. המינים *Ceratium kofoidii* ו-*Prorocentrum micans* הופיעו בריכוז של  $10^3$  Cells/L רק בנקודה RUT17 והמין *Prorocentrum minimum* הופיע רק בנקודה RUT9. חמישה מינים נוספים הופיעו בריכוז של מאות תאים לליטר בחלק מנקודות הדיגום (טבלה 2.17). ריכוז התאים לליטר של קבוצת האצות הקטנות מ-5 מיקרומטר בנקודה RUT17 היה גבוה בסדר גודל בהשוואה לנקודות האחרות (טבלה 2.20). בקבוצת הירוקיות הופיעו שני מינים בלבד : מינים של *Flagellates spp.* בשלוש

נקודות הדיגום והמין *Oltmannsiella lineata* רק בנקודות RUT9 ו-RUT17 (טבלה 2.17). ריכוז התאים לליטר עלה עם המרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכז והיה מאות תאים לליטר בשלוש הנקודות (טבלה 2.20). מינים של *Cryptomonad spp.* מסדרת Cryptophyceae הופיעו בריכוזים של  $10^5$  Cells/L בשלוש הנקודות. מין זה אינו ידוע כבעל פוטנציאל רעילות.

## סתיו

בדיגום הסתיו, עושר המינים של הכחוליות היה נמוך באופן חריג וכלל רק את המין השכיח *Synechococcus sp.* בשלוש נקודות הדיגום (למעט נקודה RUT17 בה הופיע מין נוסף). גם בקבוצת הירוקיות עושר המינים היה נמוך, בדומה לכל שנות הניטור הקודמות. עושר המינים של הדינופלגלטים היה הגבוה ביותר בנקודה RUT9 והנמוך ביותר בנקודה RUT3. עושר המינים של הצורניות ירד עם המרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכז אך ההבדלים לא היו גדולים (טבלה 2.19). באופן כללי עושר המינים של הכחוליות והירוקיות היה נמוך בסדר גודל מזה של הדינופלגלטים והצורניות ולא היה הבדל ניכר בעושר המינים של הקבוצות השונות בין נקודות הדיגום (איור 2.35).

ריכוז המיקרואצות היה דומה מאוד בשלוש נקודות הדיגום אך גבוה במעט בנקודה RUT3. הכחוליות היו 94.4%, 97.0% ו-96.0% מכלל האצות בנקודות RUT3, RUT9 ו-RUT17, בהתאמה, וכמו באביב המין הדומיננטי היה *Synechococcus sp.*, שהופיע בריכוזים דומים בשלוש הנקודות. ריכוזי האצות של הקבוצות השונות היו עשרות עד מאות תאים לליטר, למעט שלושה סוגים של צורניות, מינים לא מזוהים של דינופלגלטים הקטנים מ-15 מיקרומטר שהופיעו בריכוז של אלפי תאים לליטר, ומיני מיקרואצות קטנות מ-5 מיקרומטר שהופיעו בריכוז של  $10^6$  בשלוש הנקודות. בקבוצת הצורניות ריכוז התאים לליטר ירד עם המרחק מהמוצאים אך ההבדלים לא היו גדולים (טבלה 2.18; איור 2.36). מרבית המינים הופיעו בריכוזים של תאים ספורים עד מאות תאים לליטר. מינים שהופיעו בריכוזים גבוהים יותר היו *Chaetoceros spp.* בריכוז של אלפי תאים לליטר, *Nitzschia sp.* בריכוז של  $10^5$  Cells/L והמין *Thalassiosira subtilis* שהופיע בריכוז של  $10^4$  Cells/L, בשלוש נקודות הדיגום. שכיחות הדינופלגלטים עלתה עם המרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכז וריכוז התאים לליטר בנקודה RUT17 היה כמעט כפול מזה שבנקודה RUT3. הסיבה לכך הייתה שכיחותן של אצות לא מוגדרות הקטנות מ-15 מיקרומטר, שהיו היחידות בקבוצה זו שהופיעו בריכוז תאים גבוה מ- $10^3$  Cells/L (טבלה 2.18; איור 2.36). בקבוצת הירוקיות הופיעו רק מינים לא מזוהים של Flagellates בשלוש הנקודות - בנקודה RUT3 בריכוז של מאות תאים לליטר ובשתי הנקודות האחרות בריכוז של עשרות תאים לליטר. בקבוצת המיקרואצות הקטנות מ-5 מיקרומטר ריכוז התאים היה הגבוה ביותר בנקודה RUT3 והנמוך ביותר בנקודה RUT9 (טבלה 2.20; איור 2.36). בעונת הסתיו לא היו מינים ממחלקות אחרות שהופיעו בשכיחות גבוהה מעשרות תאים לליטר ולא היה הבדל ניכר בין נקודות הדיגום (טבלה 2.18). מגוון המינים היה הנמוך ביותר בנקודה RUT17 והגבוה ביותר בנקודה RUT9, אך ההבדל בין הנקודות היה קטן מאוד (טבלה 2.20).

**השוואה בין האביב לסתיו ובין ממצאי שנת 2021 לממצאי שנים קודמות וממצאי ניטור באזור אשדוד<sup>14</sup>**

עושר מינים - בניגוד לשנים 2017-2020, בשנת 2021 עושר המינים של המיקרואצות היה יותר גבוה באביב מאשר בסתיו (טבלה 2.21; איור 2.38). הסיבה לכך היא ירידה בעושר המינים בסתיו 2021 יותר מאשר עליה באביב. ההבדל הניכר ביותר היה בקבוצת הכחוליות שבה עושר המינים היה גבוה במיוחד באביב, 17 מינים לעומת 5-11 בשנים 2017-2020, ונמוך במיוחד בסתיו, רק 2 מינים לעומת 7-23 מינים בשנים 2017-2020. גם עושר המינים של הצורניות היה גבוה משמעותית באביב לעומת הסתיו (52 לעומת 43 מינים) בגלל ירידה בעושר המינים בסתיו ביחס לשנים הקודמות. הקבוצה היחידה בה היו יותר מינים בשנת 2021 בסתיו הייתה דינופלגלטים (70 מינים בסתיו לעומת 64 באביב). קבוצת הדינופלגלטים הייתה בעלת עושר המינים הגבוה ביותר בשתי העונות. באביב 2021 עושר המינים היה הגבוה ביותר בנקודה RUT3 והנמוך ביותר בנקודה RUT9. בסתיו עושר המינים היה הגבוה ביותר בנקודה RUT9 והנמוך ביותר בנקודה RUT17. באופן כללי, בשנות הניטור 2017-2021 עושר המינים של הצורניות והכחוליות היה גבוה יותר בנקודה RUT3 בעוד שעושר המינים של הדינופלגלטים היה גבוה יותר בנקודה RUT17 (טבלה 2.21; כהן וחוברין, 2018, 2019, 2020, 2021). עושר מינים גבוה יותר בסתיו נמצא גם בניטור באזור אשדוד בין השנים 2016-2020. בשנים 2016 ו-2019 ההבדלים בין העונות היו קטנים ובשנת 2020 ההבדל בעושר המינים בין שתי העונות היה הגבוה ביותר, בגלל עושר מינים נמוך יחסית באביב וגבוה בסתיו (סיסמה-ונטורה וחוברין, 2021).

ריכוז התאים - בשנת 2021, הריכוז הכללי של תאי המיקרואצות היה גבוה יותר באביב בשלוש נקודות הדיגום אך ההבדל בריכוז האצות בין העונות לא היה משמעותי (גבוה באביב ב- 21%, 10% ו- 36% ביחס לסתיו בנקודות RUT3, RUT9 ו-RUT17, בהתאמה; טבלה 2.20, איור 2.36). גם בהיבט רב-שנתי, ברוב המקרים ריכוז התאים הכללי של המיקרואצות גבוה יותר באביב. בשנת 2017 ריכוז התאים הכללי היה גבוה יותר בסתיו בנקודות RUT9 ו-RUT17, בשנת 2020 בנקודות RUT3 ו-RUT9 ובשנת 2019 בנקודה RUT3. ביתר השנים ריכוז התאים הכללי היה גבוה יותר באביב. הגורם המשפיע ביותר על ריכוז התאים הכללי הוא המין *Synechococcus sp.* מהכחוליות, שריכוזו גבוה בשני סדרי גודל לפחות מהריכוזים של המינים האחרים. באזור אשדוד, בשנים 2016-2020, אין מגמה עונתית ברורה. ריכוז תאים כללי גבוה יותר באביב נצפה בשנים 2018 ו-2020 בשתי נקודות הדיגום שם ובשנת 2016 באחת מהן, וריכוז תאים גבוה יותר בסתיו נצפה בשנים 2016 (באחת הנקודות), 2017 ו-2019 (סיסמה-ונטורה וחוברין, 2021).

בקבוצת הדינופלגלטים, ריכוז התאים לליטר היה גבוה יותר באביב ברוב שנות הניטור בשלוש נקודות הדיגום. בשנת 2018 ריכוז הדינופלגלטים היה גבוה יותר בסתיו בנקודות RUT3 ו-RUT17 שבהן ריכוזם היה גבוה יותר גם בסתיו 2020. בשנת 2021 היה ההפרש הגדול ביותר בין העונות. גם ריכוז האצות הקטנות מ-5 מיקרומטר היה גבוה יותר באביב ברוב שנות הניטור (איור 2.39). בקבוצת הצורניות אין מגמה אחידה: בשלוש נקודות הדיגום, ריכוז התאים לליטר היה גבוה בסתיו בשנים 2018, 2019 ו-2021 ויותר גבוה באביב בשנים 2017 ו-2020. בשנת 2017 הייתה פריחה של מיני צורניות (ריכוזים של  $10^7$  Cells/L בנקודות RUT3 ו-RUT9) ובאותה שנה ההבדל בין העונות היה הגבוה ביותר (איור 2.39).

<sup>14</sup> ניטור באזור ההזרמה לים של שפכי המפעלים אדמה – אגון, פז"א ומתקן התפלה אשדוד.

באזור אשדוד, בחמש שנות הניטור האחרונות (2016-2020), ריכוז התאים לליטר של הדינופלגלטים היה גבוה יותר באביב בשנים 2017 ו-2018 ולעומת זאת בשנים 2016, 2019 ו-2020 הריכוז היה יותר גבוה בסתיו. ריכוזי הצורניות והאצות הקטנות מ-5 מיקרומטר היו יותר גבוהים באביב בכל השנים, למעט שנת 2018.

**מגוון המינים** - מניתוח האשכולות (Cluster analysis; איור 2.37) ניתן לראות שמגוון המינים היה דומה מאוד בכל שנות הניטור, בשלוש נקודות הדיגום, בשתי העונות. ההבדל הניכר ביותר הוא בין שנת 2018 (בה מגוון המינים היה הגבוה ביותר בשתי העונות) ליתר שנות הניטור, אך לא בין נקודות הדיגום עצמן. כמו כן ניתן לראות כי אין הפרדה בין נקודת הדיגום RUT3, הקרובה למוצאי מי הקירור ומי הרכז, לבין שתי הנקודות המרוחקות מהמוצאים. תוצאות אלו מעידות באופן עקבי על העדר השפעה של רכוז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים (כמו גם של הגורמים המנוטרים האחרים) על אוכלוסיית האצות באזור.

### מינים בעלי פוטנציאל רעילות

בטבלה 2.22 מוצגים הריכוזים של שלושה מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל רעילות: *Dinophysis* בריכוזים שהופיעו באזור הניטור בשנים קודמות ולריכוזים שנמצאו בחלק מהניטורים האחרים לאורך החוף של ישראל מאז שנת 2008. הריכוזים של שלושת המינים באזור הניטור בשנת 2021 היו נמוכים מאוד - ריכוז מירבי של מאות תאים לליטר, למעט *Prorocentrum minimum* ששכיחותו בנקודה RUT17 בסתיו הגיעה לאלפי תאים לליטר. בניטור באזור אשדוד בשנת 2020, מינים אלה הופיעו בסתיו בריכוזים דומים לאלה שהופיעו בניטור רוטנברג 2021, ובאביב המינים *Prorocentrum minimum* ו-*Akashiwo sanguinea* לא הופיעו כלל (סיסמה-ונטורה, 2021). באזור אשקלון (הניטור הלאומי) בקיץ 2019, המין *Prorocentrum minimum* הופיע בריכוזים גבוהים מ- $10^4$  Cells/L (רהב וחרות, 2020). מין זה עלול לגרום להרעלה בבני אדם דרך אכילה של צדפות, אך ע"פ הספרות המדעית מקרים אלה נגרמים בריכוזים גבוהים מ- $10^7$  Cells/L. במאמר מים מרמרה, פריחות חוזרות של *Prorocentrum minimum* בריכוזים של  $3.6 \times 10^7$  Cells/L לא הובילו לתופעות שליליות למעט ירידה בריכוזי החמצן באזור הקרקעית (Tas & Okus, 2011). מכיון שההשפעה השלילית על הסביבה והסכנה להרעלה של מין זה מתחילות בריכוזים של  $10^6$ - $10^7$  Cells/L, ניתן לקבוע בוודאות שהריכוזים שנמצאו בשנת 2021 לא היוו סיכון סביבתי באזור הניטור.

כאמור, מינים של *Pseudonitzschia spp.* מקבוצת הצורניות, שחלקם עלולים להיות בעלי פוטנציאל רעילות, הופיעו באביב 2021 בסדר גודל של  $10^3$  Cells/L בשלוש נקודות הדיגום. בסתיו מינים אלה הופיעו בריכוז של מאות תאים לליטר ומינים של *Nitzschia sp.* הופיעו בריכוז של  $10^5$  Cells/L בשלוש הנקודות. מיני ה-*Pseudonitzschia* עלולים להפריש רעלנים מסוג Domoic acid ברמות מסוכנות בריכוזים גבוהים מ- $4.0 \times 10^6$  Cells/L (Bates et al., 1998; 2018). לכן ניתן לקבוע שריכוז התאים שנמצא בשנת 2021 לא היווה כל סכנה.

לסיכום, הריכוזים של אצות בעלות פוטנציאל רעילות שהופיעו בנקודות הדיגום בשנת 2021 היו נמוכים ולא היוו סיכון סביבתי.

טבלה 2.17: תוצאות ניטור מיקרואצות שנדגמו באביב (13.6) 2021

|                                        | Rut 3   | Rut9    | Rut 17  |                                    | Rut 3   | Rut9    | Rut 17  |
|----------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------|---------|---------|---------|
| <b>Dinoflagellates</b>                 |         |         |         | <b>Diatoms</b>                     |         |         |         |
| <i>Achradina pulchra</i>               | 14      | 23      | 15      | <i>Achnanthes</i> sp.              | 37      | 10      |         |
| <i>Alexandrium</i> sp.                 | 57      | 70      | 35      | <i>Amphora biggiba</i>             |         | 5       |         |
| <i>Ceratium furca</i>                  | 6       | 3       | 5       | <i>Amphora</i> spp.                | 9       |         |         |
| <i>Ceratium fusus</i>                  | 3       | 10      | 8       | <i>Asterionellopsis glacialis</i>  | 2.1E+03 | 1.1E+03 | 620     |
| <i>Ceratium kofoidii</i>               | 1.1E+03 | 830     | 1.2E+03 | <i>Asteromphalus cleveanus</i>     | 6       | 13      | 15      |
| <i>Cladopyxis</i> sp.                  |         | 3       |         | <i>Bacillaria paxillifera</i>      | 17      |         |         |
| <i>Cochlodinium helix</i>              | 311     | 173     | 18      | <i>Bacteriastrium</i> spp.         | 1.3E+04 | 7.5E+03 | 1.5E+04 |
| <i>Cochlodinium scintillans</i>        |         |         | 53      | <i>Bellerochea</i> sp.             | 100     |         |         |
| <i>Cochlodinium</i> spp.               | 9       |         |         | <i>Biddulphia radiata</i>          | 3       |         |         |
| <i>Dinophysis acuminata</i>            |         |         | 3       | <i>Chaetoceros curvisetus</i>      | 191     | 168     | 138     |
| <i>Dinophysis caudata</i>              |         | 5       |         | <i>Chaetoceros didymus</i>         | 457     | 2.1E+03 | 978     |
| <i>Dinophysis exigua</i>               |         |         | 3       | <i>Chaetoceros</i> sp.             | 5.7E+04 | 5.6E+04 | 5.8E+04 |
| <i>Dinophysis rotundata</i>            | 11      | 5       | 3       | <i>Climacosphenia</i> sp.          | 14      |         |         |
| <i>Diplopsalis</i> sp.                 | 43      | 83      | 35      | <i>Coscinodiscus</i> spp.          | 177     | 63      | 133     |
| <i>Gonyaulax polygramma</i>            | 3       |         | 3       | <i>Cyclotella</i> sp.              | 74      | 45      | 53      |
| <i>Gonyaulax scrippsae</i>             |         |         | 35      | <i>Ceratoneis closterium</i>       | 1.1E+03 | 450     | 667     |
| <i>Gonyaulax spinifera</i>             | 3       |         | 3       | <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> | 257     | 50      | 933     |
| <i>Gonyaulax cf. turbynei</i>          | 183     | 248     | 293     | <i>Diploneis</i> sp.               | 37      | 20      | 68      |
| <i>Gymnodinium catenatum</i>           | 23      | 23      | 5       | <i>Entomoneis</i> sp.              | 71      | 23      | 55      |
| <i>Gymnodinium elongatum</i>           |         | 30      | 13      | <i>Grammatophora marina</i>        | 6       | 10      |         |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (70A)           | 6       | 15      |         | <i>Guinardia flaccida</i>          |         |         | 3       |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (97A)           | 3       | 15      |         | <i>Guinardia striata</i>           | 1.4E+03 | 1.1E+03 | 2.5E+03 |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (291A)          | 34      | 23      | 105     | <i>Hemiaulus hauckii</i>           | 17      | 28      | 116     |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (324A)          |         |         | 15      | <i>Leptocylindrus danicus</i>      | 1.4E+04 | 1.9E+04 | 2.6E+04 |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (595A)          | 29      | 30      | 60      | <i>Leptocylindrus minimus</i>      | 171     |         |         |
| <i>Gymnodinium</i> spp.                | 17      | 33      | 30      | <i>Licmophora</i> spp.             | 557     | 110     | 13      |
| <i>Karenia brevis</i>                  | 143     | 90      | 100     | <i>Lithodesmium undulatum</i>      | 303     | 75      | 103     |
| <i>Kofoidinum</i> sp.                  |         | 5       | 5       | <i>Lyrella</i> spp.                | 51      | 10      |         |
| <i>Lingulodinium polyedrum</i>         | 9       | 8       | 3       | <i>Meuniera membranacea</i>        | 289     | 203     | 378     |
| <i>Mesoporos perforatus</i>            |         |         | 3       | <i>Navicula cancellata</i>         | 3       |         |         |
| <i>Metadinophysis sinensis</i>         | 106     | 23      | 15      | <i>Navicula eta</i>                |         | 3       |         |
| <i>Nematodinium</i> sp.                | 3       |         |         | <i>Navicula</i> sp. (1015)         | 6       |         |         |
| <i>Oxytoxum laticeps</i>               | 11      | 3       | 3       | <i>Navicula</i> sp. (1987)         | 6       |         |         |
| <i>Oxytoxum sphaeroideum</i>           |         | 3       |         | <i>Navicula</i> sp. (19A)          | 9       | 5       | 5       |
| <i>Oxytoxum variabile</i>              |         | 3       | 5       | <i>Navicula</i> sp. (251A)         | 98      | 105     | 145     |
| <i>Polykrikos kofoidii</i>             |         | 3       |         | <i>Navicula</i> sp. (287A)         | 3       |         |         |
| <i>Prorocentrum balticum</i>           |         | 3       | 5       | <i>Navicula</i> sp. (313)          | 31      | 13      | 18      |
| <i>Prorocentrum compressum</i>         | 3       |         | 3       | <i>Navicula</i> sp. (320)          | 17      | 10      | 13      |
| <i>Prorocentrum gracile</i>            | 20      | 8       | 15      | <i>Navicula</i> sp. (345A)         | 3       |         |         |
| <i>Prorocentrum micans</i>             | 626     | 1.2E+03 | 875     | <i>Navicula</i> sp. (968)          | 40      | 15      |         |
| <i>Prorocentrum minimum</i>            | 317     | 650     | 1553    | <i>Navicula</i> spp.               | 100     | 35      | 25      |
| <i>Prorocentrum rotundatum</i>         | 6       | 8       | 10      | <i>Nitzschia</i> sp.               | 20      | 18      | 10      |
| <i>Prorocentrum triestinum</i>         | 11      | 5       |         | <i>Odontella mobiliensis</i>       | 9       |         |         |
| <i>Protoceratium reticulatum</i>       | 3       |         |         | <i>Pleurosigma</i> sp.             | 100     | 63      | 110     |
| <i>Protoceratium</i> sp. (520A)        | 43      | 25      | 38      | <i>Podosira stelligera</i>         | 17      | 5       |         |
| <i>Protoperidinium cf. argentineae</i> |         | 3       | 3       | <i>Proboscia alata</i>             |         |         | 3       |
| <i>Protoperidinium conicum</i>         | 3       |         |         | <i>Pseudonitzschia</i> spp.        | 3.7E+03 | 3.8E+03 | 6.9E+03 |
| <i>Protoperidinium denticulatum</i>    |         |         | 5       | <i>Rhizosolenia imbricata</i>      | 6       | 3       |         |
| <i>Protoperidinium divergens</i>       |         | 3       | 3       | <i>Streptotheca tamesis</i>        | 11      |         |         |
| <i>Protoperidinium joergensenii</i>    | 20      | 13      | 20      | <i>Surirella</i> sp.               | 63      | 25      | 23      |
| <i>Protoperidinium nux</i>             |         | 3       |         | <i>Thalassionema</i> sp.           | 5.3E+04 | 3.2E+04 | 5.3E+04 |
| <i>Protoperidinium obtusum</i>         | 3       | 8       | 5       | <i>Thalassiosira</i> spp.          | 937     | 633     | 673     |
| <i>Protoperidinium pyriforme</i>       |         | 3       | 3       | <b>Cyanobacteria</b>               |         |         |         |
| <i>Protoperidinium</i> sp. (1010A)     | 3       |         |         | <i>Aphanocapsa</i> sp.             |         |         | 565     |
| <i>Protoperidinium</i> sp. (AG134)     | 20      | 5       | 5       | <i>Chroococcopsis epiphytica</i>   | 5.3E+03 |         | 2.3E+03 |
| <i>Protoperidinium</i> spp.            | 29      | 23      | 53      | <i>Cyanocystis</i> sp.             |         |         | 60      |
| <i>Protoperidinium steinii</i>         | 6       | 8       | 8       | <i>Gloeocapsopsis</i> sp.          | 1.3E+03 |         | 750     |
| <i>Protoperidinium subinermis</i>      |         | 3       |         | <i>Leptolyngbya</i> sp.            | 3.2E+04 | 2.8E+04 | 4.0E+04 |
| <i>Protoperidinium thorianum</i>       | 17      |         | 5       | <i>Lyngbya</i> spp.                | 3.2E+03 | 500     | 1.9E+03 |
| <i>Protoperidinium</i> sp. (54)        | 49      | 13      | 15      | <i>Merismopedia</i> sp.            | 103     |         |         |
| <i>Psellodinium</i> sp.                |         |         | 5       | <i>Nodularia</i> sp.               |         | 875     |         |
| <i>Scrippsiella</i> sp.                | 17      | 8       | 23      | <i>Oscillatoria limosa</i>         | 1.1E+03 |         |         |
| <i>Torodinium robustum</i>             | 6       | 8       | 8       | <i>Oscillatoria</i> sp. (505A)     |         |         | 30      |
| Unidentified dino flagellates <15µm    | 2.3E+04 | 1.6E+04 | 1.1E+04 | <i>Oscillatoria</i> sp. (914)      | 114     |         | 625     |
| <b>Chlorophyceae</b>                   |         |         |         | <i>Oscillatoria</i> spp.           |         | 60      | 800     |
| <i>Flagellates</i> spp.                | 143     | 85      | 170     | <i>Oscillatoria tenuis</i>         |         | 250     |         |
| <i>Oltmannsiella lineata</i>           |         | 200     | 185     | <i>phormidium terebriforme</i>     | 971     |         | 50      |
| <b>Euglenophyceae</b>                  |         |         |         | <i>Spirulina major</i> (length µm) | 4.0E+03 |         |         |
| <i>Euglena</i> sp.                     | 23      | 13      | 5       | <i>Synechocystis</i> sp.           | 349     |         | 685     |
| <b>Cryptophyceae</b>                   |         |         |         | <i>Synechococcus</i> sp.           | 1.5E+08 | 1.2E+08 | 1.7E+08 |
| <i>Cryptomonad</i> spp.                | 2.5E+05 | 1.4E+05 | 1.8E+05 | <b>Raphidophyceae</b>              |         |         |         |
| <b>Ebriophyceae</b>                    |         |         |         | <i>Fibrocapsa</i> sp.              | 417     | 545     | 115     |
| <i>Hermesinum adriaticum</i>           | 600     | 340     | 410     | <i>Chattonella</i> sp.             | 3       |         | 10      |
| <b>Prymnesiophyceae</b>                |         |         |         | <i>Heterosigma akashiwo</i>        | 74      |         |         |
| <i>Coccolithophorid</i> sp. (1502)     |         |         | 5       | Unidentified sp.                   | 11      |         | 115     |
| <b>Dictyochophyceae</b>                |         |         |         | <b>Chrysophyceae</b>               |         |         |         |
| <i>Dictyocha fibula</i>                | 74      | 60      | 108     | <i>Chrysochromulina</i> sp.        | 11      | 8       | 13      |
| <b>Ciliates</b>                        |         |         |         | <b>Microalgae &lt;5µm</b>          | 8.8E+06 | 8.8E+06 | 1.1E+07 |
| <i>Mesodinium rubrum</i>               | 37      | 20      | 93      | <b>Total Cells/L</b>               | 1.6E+08 | 1.3E+08 | 1.8E+08 |

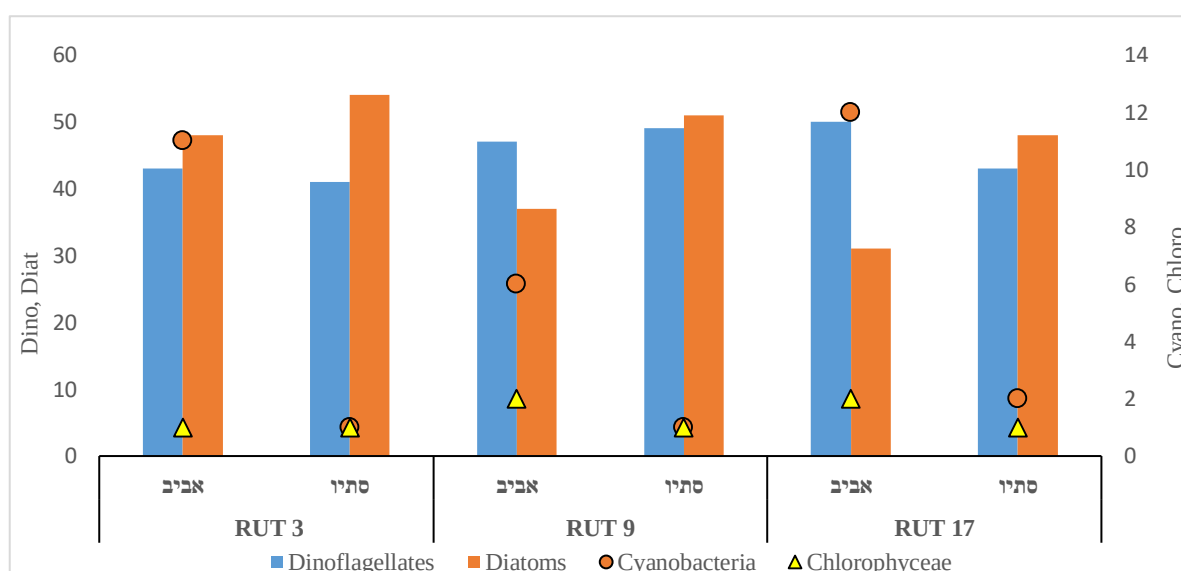
טבלה 2.18: תוצאות ניטור מיקרואצות שנדגמו בסתיו (14.11) 2021

|                                     | Rut 3   | Rut 9   | Rut 17  |                                    | Rut 3   | Rut 9   | Rut 17  |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------|---------|---------|---------|
| <b>Dinoflagellates</b>              |         |         |         | <b>Diatoms</b>                     |         |         |         |
| <i>Achradina pulchra</i>            |         |         | 3       | <i>Amphora biggiba</i>             |         |         | 3       |
| <i>Akashiwo sanguinea</i>           |         |         | 3       | <i>Amphora</i> spp.                | 295     | 5       |         |
| <i>Ceratium candelabrum</i>         | 3       |         |         | <i>Asterolampra marylandica</i>    |         | 3       |         |
| <i>Ceratium furca</i>               |         |         | 5       | <i>Bacteriastrum</i> sp.           | 10      | 225     | 40      |
| <i>Ceratium fusus</i>               |         | 8       | 10      | <i>Bellerochea</i> sp.             | 8       | 5       | 8       |
| <i>Ceratium kofoidii</i>            | 95      | 110     | 75      | <i>Cerataulina bicornis</i>        |         | 38      | 20      |
| <i>Ceratium teres</i>               |         | 5       | 5       | <i>Chaetoceros curvisetus</i>      | 148     | 595     | 530     |
| <i>Cochlodinium citron</i>          |         | 5       | 3       | <i>Chaetoceros dadayi</i>          | 10      |         |         |
| <i>Cochlodinium helicoides</i>      | 5       | 8       | 5       | <i>Chaetoceros</i> spp.            | 3.1E+03 | 9.2E+03 | 9.8E+03 |
| <i>Cochlodinium</i> sp.             |         | 3       |         | <i>Coscinodiscus</i> sp.           | 3       | 3       | 5       |
| <i>Cochlodinium</i> sp. (569A)      |         | 3       |         | <i>Cylindrotheca closterium</i>    |         | 410     | 380     |
| <i>Corythodinium</i> sp.            |         |         | 3       | <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> | 20      | 43      | 5       |
| <i>Dinophysis caudata</i>           |         | 3       |         | <i>Diploneis</i> spp.              | 10      | 10      | 28      |
| <i>Dinophysis exigua</i>            | 10      | 5       | 15      | <i>Entomoneis</i> sp. (BS21)       | 3       | 10      |         |
| <i>Dinophysis micropterygia</i>     |         |         | 3       | <i>Guinardia flaccida</i>          | 3       |         |         |
| <i>Dinophysis pusilla</i>           | 3       |         |         | <i>Hemiaulus hauckii</i>           | 10      | 20      | 3       |
| <i>Dinophysis rotundata</i>         | 10      | 13      | 5       | <i>Lauderia annulata</i>           | 38      | 125     | 63      |
| <i>Dinophysis</i> sp.               |         | 3       |         | <i>Leptocylindrus danicus</i>      | 33      | 58      | 140     |
| <i>Diplopsalis</i> sp.              | 10      | 3       | 18      | <i>Licmophora</i> sp.              | 20      |         | 8       |
| <i>Goniodoma polyedricum</i>        | 3       |         | 3       | <i>Lyrella</i> sp. (497A)          | 23      |         |         |
| <i>Gonyaulax cf. brevisulcata</i>   |         | 3       | 3       | <i>Meuniera membranacea</i>        | 30      | 63      |         |
| <i>Gonyaulax polygramma</i>         | 3       |         |         | <i>Navicula</i> sp. (1521)         | 15      | 5       | 15      |
| <i>Gonyaulax scrippsae</i>          |         | 5       |         | <i>Navicula</i> sp. (1549a)        | 235     |         |         |
| <i>Gonyaulax</i> sp.                |         | 8       |         | <i>Navicula</i> sp. (1891)         | 3       |         |         |
| <i>Gonyaulax spinifera</i>          | 15      | 3       |         | <i>Navicula</i> sp. (1987)         | 8       |         | 3       |
| <i>Gonyaulax turbynei</i>           | 5       | 10      |         | <i>Navicula</i> sp. (313)          | 15      | 8       |         |
| <i>Gonyaulax verior</i>             | 13      | 18      |         | <i>Navicula</i> sp. (320)          | 5       | 18      | 33      |
| <i>Gymnodinium elongatum</i>        | 3       |         | 10      | <i>Navicula</i> sp. (597A)         | 10      |         |         |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (97A)        | 18      | 10      | 30      | <i>Navicula</i> sp. (756A)         | 30      | 48      | 70      |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (120A)       | 3       |         | 10      | <i>Navicula</i> spp.               | 938     | 55      | 25      |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (291A)       | 20      | 43      | 45      | <i>Nitzschia longissima</i>        | 13      |         |         |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (595A)       | 5       | 5       |         | <i>Nitzschia</i> sp.               | 6.5E+05 | 6.1E+05 | 3.8E+05 |
| <i>Gymnodinium</i> sp. (1402)       | 5       |         |         | <i>Odontella mobiliensis</i>       |         |         | 5       |
| <i>Gymnodinium</i> spp.             | 10      | 10      | 10      | <i>Pleurosigma</i> sp.             | 45      | 50      | 98      |
| <i>Heterocapsa rotundata</i>        | 10      | 5       | 5       | <i>Proboscica alata</i>            |         | 15      | 5       |
| <i>Histioneis inclinata</i>         |         |         | 3       | <i>Pseudonitzschia</i> sp.         | 360     | 140     | 115     |
| <i>Karenia</i> spp.                 | 35      | 5       | 18      | <i>Rhizosolenia calcar-avis</i>    | 15      | 5       | 35      |
| <i>Mesoporus perforatus</i>         |         |         | 10      | <i>Rhizosolenia hebetata</i>       | 90      | 50      | 65      |
| <i>Oxyphysis oxytoxoides</i>        | 3       |         |         | <i>Surirella</i> sp.               |         |         | 3       |
| <i>Oxytoxum crassum</i>             | 3       | 8       |         | <i>Thalassionema nitzschioides</i> | 10      |         |         |
| <i>Oxytoxum gladiolus</i>           |         | 3       |         | <i>Thalassiosira</i> sp.           | 420     | 201     | 110     |
| <i>Oxytoxum pachyderme</i>          |         | 5       | 3       | <i>Thalassiosira subtilis</i>      | 1.3E+04 | 3.3E+04 | 1.1E+04 |
| <i>Oxytoxum scolopax</i>            |         | 3       |         | <i>Toxonidea</i> sp.               |         | 3       |         |
| <i>Oxytoxum sphaeroideum</i>        |         | 3       |         | <b>Chlorophyta</b>                 |         |         |         |
| <i>Oxytoxum variabile</i>           | 8       | 5       | 33      | <i>Unidentified flagellates</i>    | 378     | 85      | 55      |
| <i>Palaeophalacroma unicinctum</i>  |         |         | 10      | <b>Cyanobacteria</b>               |         |         |         |
| <i>Podolampas spinifera</i>         |         | 5       | 3       | <i>Planktothrix</i> sp.            |         |         | 300     |
| <i>Pronoctiluca spinifera</i>       | 3       | 3       |         | <i>Synechococcus</i> sp.           | 1.2E+08 | 1.1E+08 | 1.1E+08 |
| <i>Prorocentrum balticum</i>        | 35      | 15      | 13      | <b>Euglenophyceae</b>              |         |         |         |
| <i>Prorocentrum compressum</i>      | 8       | 8       | 13      | <i>Euglena</i> sp.                 | 5       | 3       | 3       |
| <i>Prorocentrum dactylus</i>        | 3       | 3       | 8       | <b>Raphidophyceae</b>              |         |         |         |
| <i>Prorocentrum gracile</i>         | 48      | 25      | 20      | <i>Unidentified</i> sp.            | 60      | 13      | 10      |
| <i>Prorocentrum mexicanum</i>       | 3       |         |         | <b>Ebriophyceae</b>                |         |         |         |
| <i>Prorocentrum micans</i>          | 20      | 10      | 8       | <i>Hermesinum adriaticum</i>       | 55      | 38      | 68      |
| <i>Prorocentrum minimum</i>         | 63      | 110     | 58      | <b>Dictyochophyceae</b>            |         |         |         |
| <i>Prorocentrum ovum</i>            | 18      |         |         | <i>Dictyocha fibula</i>            |         | 3       |         |
| <i>Prorocentrum rotundatum</i>      | 8       | 15      | 8       | <b>Chrysophyceae</b>               |         |         |         |
| <i>Prorocentrum</i> sp. (OR110)     |         | 3       |         | <i>Chrysochromulina</i> sp.        | 5       | 3       | 5       |
| <i>Prorocentrum triestinum</i>      |         | 3       |         | <b>Microalgae &lt;5µm</b>          | 6.4E+06 | 2.8E+06 | 4.3E+06 |
| <i>Protoperidinium bipes</i>        |         |         | 3       | <b>Total Cells/L</b>               | 1.3E+08 | 1.1E+08 | 1.2E+08 |
| <i>Protoperidinium divergens</i>    |         |         | 3       |                                    |         |         |         |
| <i>Protoperidinium joergensenii</i> | 8       | 5       | 5       |                                    |         |         |         |
| <i>Protoperidinium oviforme</i>     |         | 3       |         |                                    |         |         |         |
| <i>Protoperidinium steinii</i>      | 8       | 8       | 8       |                                    |         |         |         |
| <i>Protoperidinium</i> spp.         | 8       | 16      | 3       |                                    |         |         |         |
| <i>Protoperidinium</i> sp. (54)     | 13      | 5       | 3       |                                    |         |         |         |
| <i>Scrippsiella spinifera</i>       | 3       |         |         |                                    |         |         |         |
| <i>Torodinium robustum</i>          | 3       | 3       |         |                                    |         |         |         |
| <i>Warnowia</i> sp.                 |         | 3       | 3       |                                    |         |         |         |
| Unidentified dinoflagellates <15µm  | 2.3E+03 | 3.3E+03 | 4.2E+03 |                                    |         |         |         |

טבלה 2.19: מספר מיני מיקרואצות בכל נקודות הדיגום בחלוקה לקבוצות העיקריות, באביב ובסתיו 2021.

|                 | RUT 3 |      | RUT 9 |      | RUT 17 |      |
|-----------------|-------|------|-------|------|--------|------|
|                 | אביב  | סתיו | אביב  | סתיו | אביב   | סתיו |
| Dinoflagellates | 43    | 41   | 47    | 49   | 50     | 43   |
| Diatoms         | 48    | 35   | 37    | 30   | 31     | 29   |
| Cyanobacteria   | 11    | 1    | 6     | 1    | 12     | 2    |
| Chlorophyceae   | 1     | 1    | 2     | 1    | 2      | 1    |

איור 2.35: התפלגות עושר המינים של קבוצות המיקרואצות, אביב וסתיו 2021.

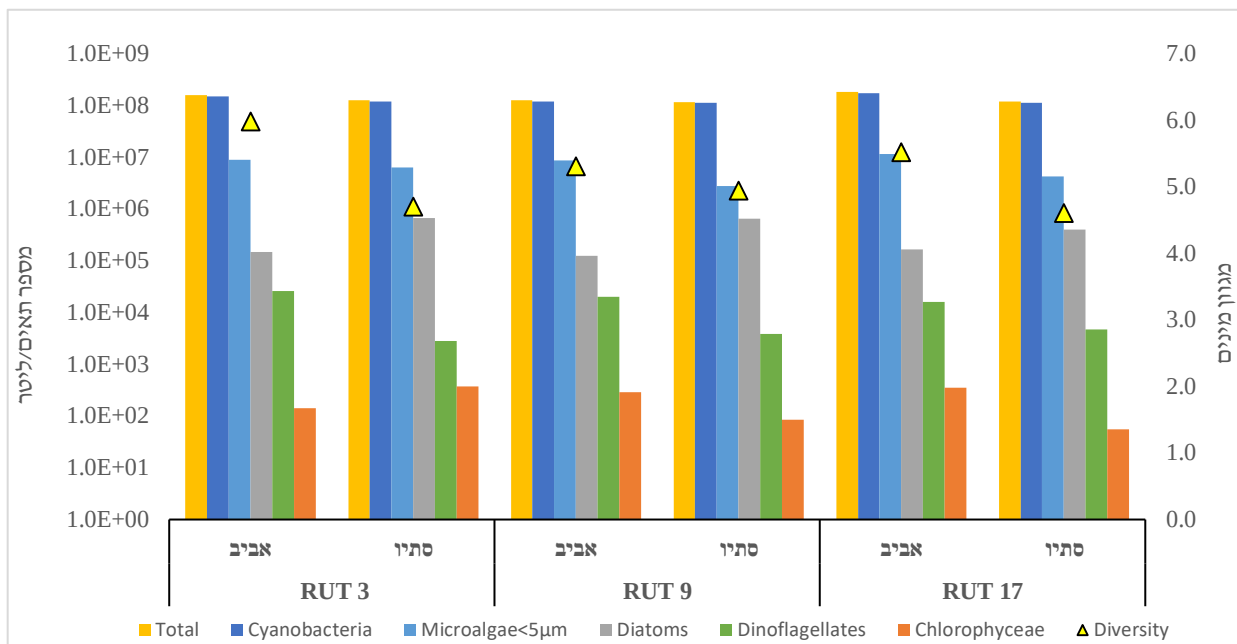


טבלה 2.20: ריכוזי האצות (מספר תאים לליטר) בחלוקה לקבוצות העיקריות ומגוון המינים (Margalef d) בכל נקודות הדיגום באביב ובסתיו 2021.<sup>15</sup>

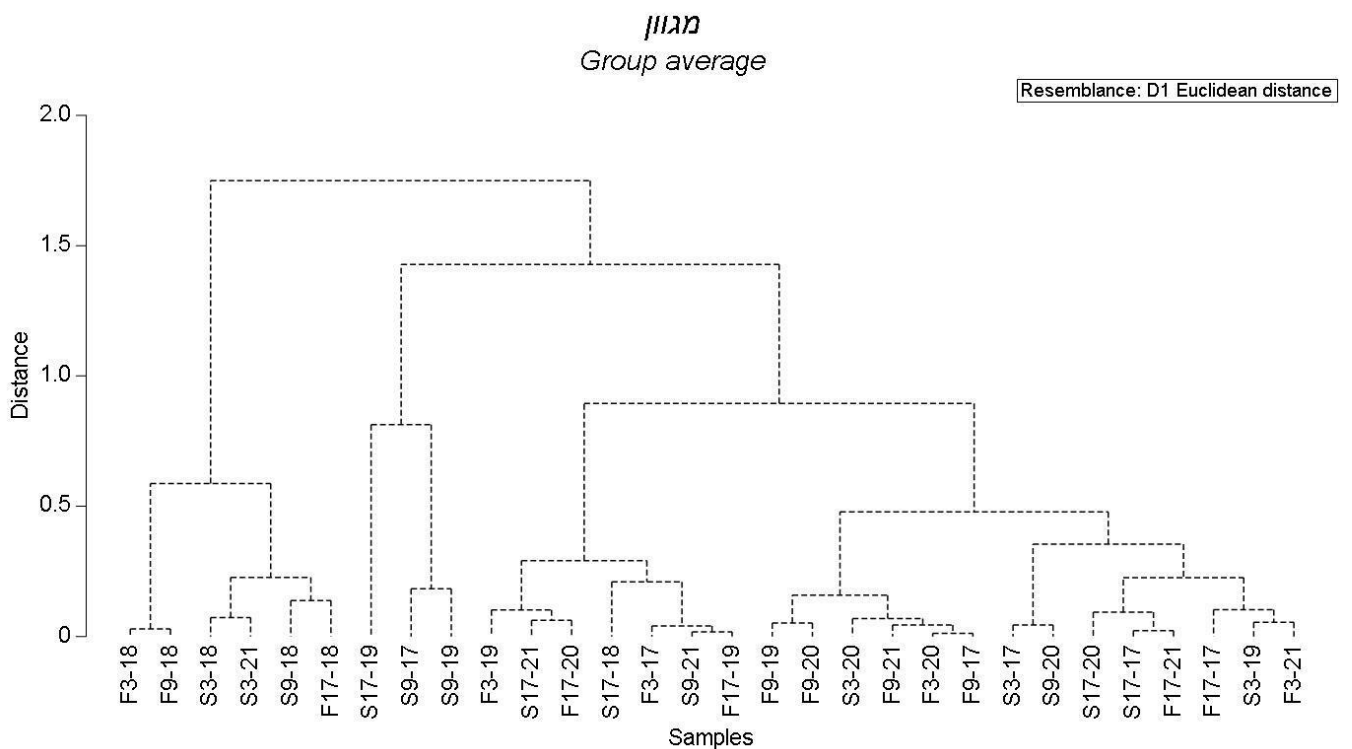
|                       | RUT 3    |          | RUT 9    |          | RUT 17   |          |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                       | אביב     | סתיו     | אביב     | סתיו     | אביב     | סתיו     |
| Dinoflagellates       | 2.63E+04 | 2.80E+03 | 2.02E+04 | 3.88E+03 | 1.59E+04 | 4.73E+03 |
| Diatoms               | 1.49E+05 | 6.65E+05 | 1.25E+05 | 6.52E+05 | 1.66E+05 | 4.03E+05 |
| Cyanobacteria         | 1.50E+08 | 1.19E+08 | 1.18E+08 | 1.11E+08 | 1.72E+08 | 1.13E+08 |
| Chlorophyceae         | 143      | 377.5    | 285      | 85       | 355      | 55       |
| Microalgae<5µm        | 8.82E+06 | 6.38E+06 | 8.76E+06 | 2.79E+06 | 1.14E+07 | 4.26E+06 |
| Total                 | 1.59E+08 | 1.27E+08 | 1.27E+08 | 1.15E+08 | 1.84E+08 | 1.18E+08 |
| Diversity, Margalef d | 5.98     | 4.70     | 5.30     | 4.94     | 5.52     | 4.60     |

<sup>15</sup>  $d = (S-1)/\log(N)$  כאשר S מספר המינים ו-N מספר הפרטים בדגימה.

איור 2.36: התפלגות ריכוז תאי מיקרואצות (Cells/L) ומגוון מינים (d), אביב וסתיו 2021.



איור 2.37: ניתוח אשכולות (Cluster analysis) של מגוון המינים (ע"פ Magalef) בדיגומי אביב וסתיו 2017 – 2021 (בציר X = אביב, S; סתיו = F; מספר למטה – מס' נקודת הדיגום; מספר קרוב לציר - שנת הדיגום).



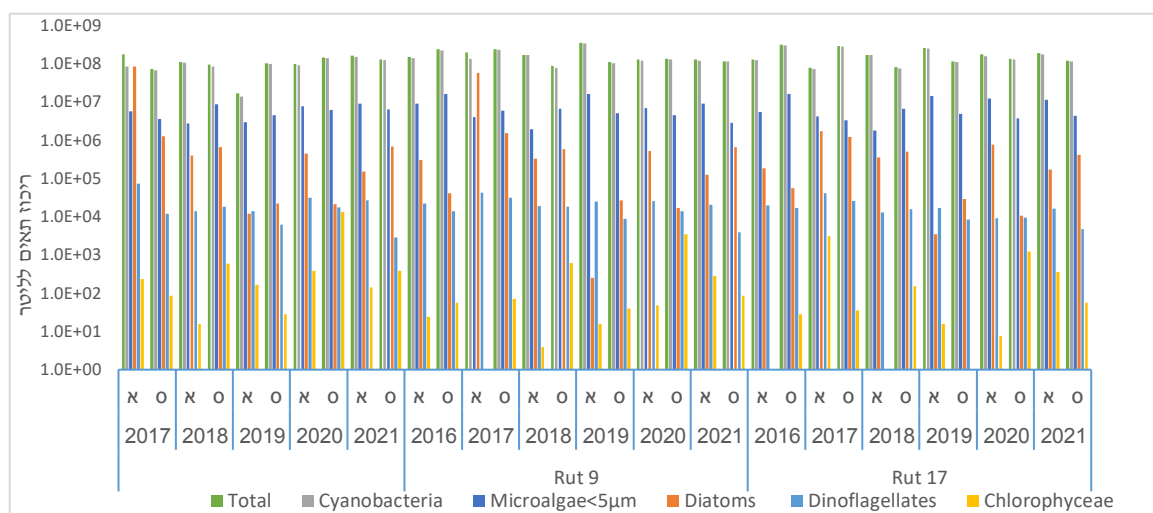
**טבלה 2.21: מספר המינים הכללי (בשלוש נקודות הדיגום) של קבוצות האצות בשנים 2017-2021.**

|                 | 2017       |            | 2018       |            | 2019       |            | 2020       |            | 2021       |            |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                 | אביב       | סתיו       | אביב       | סתיו       | אביב       | סתיו       | אביב       | סתיו       | אביב       | סתיו       |
| Dinoflagellates | 51         | 53         | 83         | 76         | 44         | 73         | 45         | 61         | 64         | 70         |
| Diatoms         | 44         | 54         | 59         | 62         | 44         | 61         | 50         | 54         | 52         | 43         |
| Cyanobacteria   | 9          | 23         | 5          | 7          | 11         | 9          | 9          | 12         | 17         | 2          |
| Chlorophyceae   | 3          | 3          | 2          | 4          | 5          | 1          | 2          | 3          | 2          | 1          |
| other           | 5          | 8          | 10         | 11         | 8          | 7          | 13         | 8          | 12         | 6          |
| <b>Total</b>    | <b>112</b> | <b>141</b> | <b>159</b> | <b>160</b> | <b>112</b> | <b>151</b> | <b>119</b> | <b>138</b> | <b>147</b> | <b>122</b> |

**איור 2.38: עושר המינים הכללי (בשלוש נקודות הדיגום) באביב ובסתיו בשנים 2017-2021.**



איור 2.39: התפלגות ריכוז תאי מיקרואצות (Cells/L), אביב (א) וסתיו (ס) בשנים 2017-2021.



טבלה 2.22: השוואת ההופעה (מספר תאים בליטר) של 3 מינים של דינופלגלטים בעלי פוטנציאל רעילות בניטורים לאורך החוף של ישראל בשנים 2008-2021.<sup>16</sup> המספרים בטבלה הם טווח הריכוזים בכל נקודות הדיגום בכל מועד דיגום. מספר אחד בלבד מציין שהמין נמצא רק בנקודת דיגום אחת.

| ניטור/סקר  | דיגום     | <i>Dinophysis caudata</i> | <i>Akashiwo sanguinea</i> | <i>Prorocentrum minimum</i> |
|------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| רוטנברג    | אביב 2021 | 0-5                       |                           | 318-1553                    |
|            | סתיו 2021 | 0-3                       | 0-3                       | 58-110                      |
|            | אביב 2020 | 43-18                     | 3                         | 10                          |
|            | סתיו 2020 | 22-12                     | 2                         | 32-2                        |
|            | אביב 2019 | 122-16                    |                           | 5150-1490                   |
|            | סתיו 2019 | 6-4                       |                           | 34-8                        |
|            | אביב 2018 | 32-10                     | 8                         | 150-88                      |
|            | סתיו 2018 |                           | 156-4                     | 20-9                        |
|            | אביב 2017 | 488-228                   |                           | 14000-3200                  |
|            | סתיו 2017 | 13                        | 118-2                     | 4-5                         |
|            | אביב 2016 | 10-20                     | 8-14                      | 282-592                     |
|            | סתיו 2016 | 2                         | 2-8                       | 16-54                       |
|            | אביב 2015 | 126-40                    |                           | 4                           |
|            | סתיו 2015 |                           | 30-152                    | 116-224                     |
|            | אביב 2014 | 14-50                     | 1                         | 4-8                         |
|            | סתיו 2014 |                           | 16                        | 130-304                     |
| אורות רבין | אביב 2015 | 2-4                       | 2                         | 2-27                        |
|            | סתיו 2015 |                           | 80-86                     | 52-130                      |
|            | אביב 2014 | 3-5                       |                           | 65-154                      |
|            | סתיו 2014 |                           | 260-1232                  | 102-284                     |
|            | אביב 2013 | 20                        | 2                         | 2-6                         |
|            | סתיו 2013 |                           | 4                         | 10-18                       |
|            | אביב 2012 | 18-48                     | 2                         | 11-51                       |
|            | סתיו 2012 | 1-2                       |                           | 60-80                       |
|            | אביב 2011 | 19-42                     |                           | 4-8                         |
|            | סתיו 2011 | 4                         | 94-42                     | 60-4640                     |
|            | אביב 2010 | 27-3                      | 4                         | 11-3                        |
|            | סתיו 2010 | 5                         | 2                         | 12-8                        |

<sup>16</sup> ניטור רוטנברג, ניטור אורות רבין באזור חדרה, ניטור אגן/פז"א וניטור אדמה-אגן/פז"א/אשדוד התפלה באזור אשדוד, סקר רקע להקמת מתקן התפלה שורק, ותכנית הניטור הלאומית.

טבלה 2.22: המשך

| ניטור/סקר                           | דיגום     | <i>Dinophysis caudata</i> | <i>Akashiwo sanguinea</i> | <i>Prorocentrum minimum</i> |
|-------------------------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| ניטור אדמה-<br>אגן/פז"א/אשדוד התפלה | אביב 2020 | 20-31                     |                           |                             |
|                                     | סתיו 2020 | 0-2                       | 0-10                      | 44-50                       |
|                                     | אביב 2019 | 74-42                     |                           | 11093-9813                  |
|                                     | סתיו 2019 | 6                         | 83-68                     | 8-5                         |
|                                     | אביב 2018 | 43-8                      |                           | 851-592                     |
|                                     | סתיו 2018 |                           | 100-6                     | 490-160                     |
|                                     | אביב 2017 | 262-237                   |                           | 1147-1120                   |
|                                     | סתיו 2017 | 18-14                     | 54-24                     | 120-76                      |
|                                     | אביב 2016 | 70-32                     | 3                         | 3                           |
|                                     | סתיו 2016 | 6-3                       | 1195-985                  | 30-65                       |
|                                     | אביב 2015 | 36-270                    |                           | 1280-1387                   |
|                                     | סתיו 2015 |                           | 22-30                     | 28-480                      |
|                                     | אביב 2013 | 35-53                     |                           | 46-118                      |
|                                     | סתיו 2013 | 3                         | 1983-3850                 | 1300-600                    |
|                                     | אביב 2012 | 5-37                      | 5                         | 48-480                      |
|                                     | סתיו 2012 | 10                        | 75-52                     | 40-64                       |
|                                     | אביב 2011 | 82-150                    | 2                         |                             |
|                                     | סתיו 2011 | 4-15                      | 558-814                   | 5208 – 3200                 |
|                                     | אביב 2010 | 108-276                   |                           | 386-88                      |
|                                     | סתיו 2010 | 8-18                      | 115-93                    | 7080 – 2013                 |
| סקר רקע שורק                        | אביב 2009 | 466 – 16                  |                           | 4-24                        |
|                                     | סתיו 2008 | 16 – 7                    | 112 – 14                  | 89 – 14                     |
| ניטור לאומי שורק<br>(15 מ')         | קיץ 2019  |                           |                           |                             |
|                                     | קיץ 2018  | 6                         | 936                       | 3467                        |
|                                     | קיץ 2017  | 5                         | 40                        | 2133                        |
|                                     | קיץ 2016  |                           | 136                       | 38                          |
|                                     | קיץ 2015  | 2                         | 6                         | 21867                       |
|                                     | קיץ 2014  |                           | 58                        | 3776                        |
|                                     | קיץ 2013  | 7                         | 33                        |                             |
|                                     | קיץ 2012  |                           | 98                        | 10                          |
|                                     | קיץ 2011  | 23                        | 56                        | 440                         |
|                                     | קיץ 2010  | 17                        | 274                       | 209                         |
|                                     | קיץ 2009  | 20                        | 106                       | 11000                       |
|                                     | קיץ 2008  |                           | 5                         | 31000                       |
| ניטור לאומי אשקלון<br>(15 מ')       | קיץ 2019  |                           | 206                       | 42560                       |
|                                     | קיץ 2018  |                           | 434                       | 170                         |
|                                     | קיץ 2017  |                           | 55                        | 5200                        |
|                                     | קיץ 2016  |                           | 36                        | 2773                        |
|                                     | קיץ 2015  | 3                         | 3                         | 44331                       |
|                                     | קיץ 2014  |                           | 70                        | 8206                        |
|                                     | קיץ 2013  |                           | 83                        | 15                          |
|                                     | קיץ 2012  |                           | 135                       | 5                           |
|                                     | קיץ 2011  | 10                        | 492                       | 480                         |
|                                     | קיץ 2010  | 7                         | 290                       | 3822                        |
|                                     | קיץ 2009  | 13                        | 133                       | 27                          |
|                                     | קיץ 2008  | 12                        | 110                       | 65067                       |

### 2.4.3 איכות הסדימנט

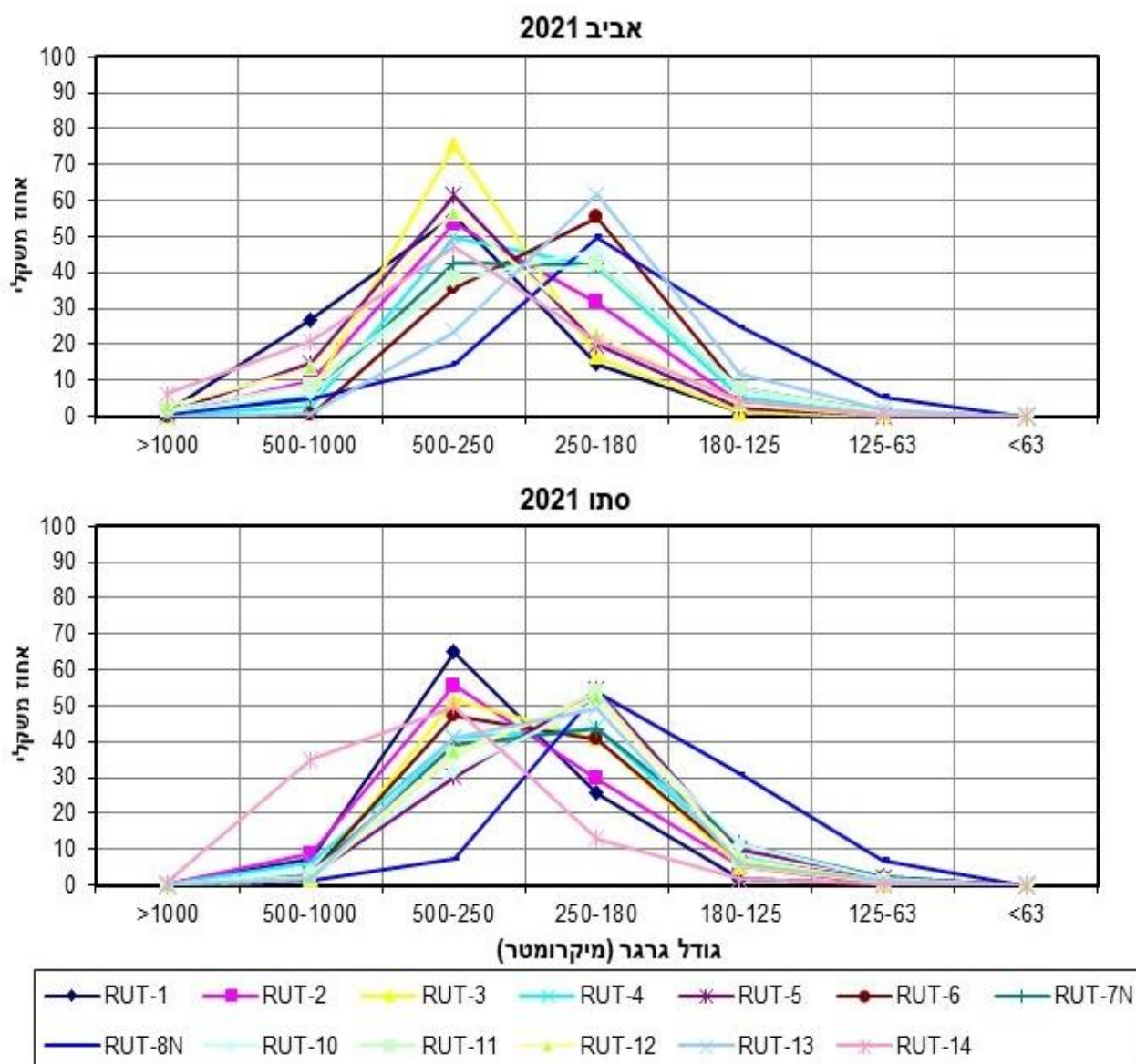
#### 2.4.3.1 גרנולומטריה

טבלה 2.23 ואיור 2.40 מציגים את תוצאות האנליזה הגרנולומטרית של הסדימנטים בנקודות RUT שבהן בוצע דיגום של החי בתוך המצע באביב ובסתיו 2021. באופן כללי, התפלגות גודל גרגירי הסדימנט באזור הניטור אופיינית לסדימנט החולי באזור הרדוד של חופי ישראל (אלמגור ופרת, 2012) ודומה להתפלגות במרבית שנות הניטור הקודמות (עם הבדלים בחלק מנקודות הדיגום). בשני מועדי הניטור התפלגות גודל הגרגר הייתה בי-מודלית: מקטעי גודל הגרגר השכיחים היו 500-250 מיקרומטר (46% ו- 41% מכלל הסדימנט באביב ובסתיו, בהתאמה) ו- 250-180 מיקרומטר (36% ו- 42% מכלל הסדימנט באביב ובסתיו, בהתאמה), למעט בנקודה RUT8N (העמוקה ביותר) שבה המקטע השני בתרומתו היה 180-125 מיקרומטר. בנקודות הדיגום הקרובות למוצאי מי הקירור התפלגות גודל הגרגר מושפעת מזרמי מי הקירור אשר מרחיפים את הסדימנט בעוצמה רבה, וכתוצאה מכך עולה שכיחות הגרגרים הגדולים יחסית. השפעה זו ניכרת במיוחד בנקודות RUT1, RUT2, ו-RUT3. בנקודות דיגום בעומק רדוד אשר אינן מושפעות מזרמי מי הקירור, גלי החוף גורמים להרחפת החול וגם בהן שכיחות הגרגרים הגדולים עולה. השפעה זו ניכרת באביב בנקודות RUT5 ו-RUT12. בשני מועדי הניטור, בנקודה RUT14 המרוחקת ממוצאי מי הקירור, מקטע גודל הגרגר השני בתרומתו היה 1000-500 מיקרומטר, כפי שנמצא בניטור בשנת 2019. הסיבה לכך איננה ברורה.

טבלה 2.23: גרנולומטריה של הסדימנט באזור הניטור באביב (26.5) ובסתיו (1.11) 2021.

| נקודת דיגום                                  | >1000 | 1000-500 | 500-250 | 250-180 | 180-125 | 125-63 | <63  |
|----------------------------------------------|-------|----------|---------|---------|---------|--------|------|
| מקטע גודל גרגר $\mu m$ , % משקל מכלל הסדימנט |       |          |         |         |         |        |      |
| אביב (26.5.21)                               |       |          |         |         |         |        |      |
| RUT-1                                        | 1.36  | 27.00    | 55.55   | 14.58   | 1.48    | 0.02   | 0.00 |
| RUT-2                                        | 0.58  | 9.85     | 53.66   | 31.73   | 3.95    | 0.24   | 0.00 |
| RUT-3                                        | 0.11  | 6.50     | 75.61   | 16.58   | 1.16    | 0.04   | 0.00 |
| RUT-4                                        | 0.09  | 2.59     | 49.82   | 41.61   | 5.42    | 0.47   | 0.00 |
| RUT-5                                        | 1.02  | 14.78    | 61.54   | 19.85   | 2.52    | 0.29   | 0.00 |
| RUT-6                                        | 0.01  | 0.44     | 35.75   | 55.47   | 7.14    | 1.18   | 0.00 |
| RUT-7N                                       | 0.49  | 5.71     | 42.44   | 42.37   | 7.77    | 1.22   | 0.00 |
| RUT-8N                                       | 0.78  | 4.60     | 14.45   | 49.79   | 24.87   | 5.47   | 0.04 |
| RUT-10                                       | 1.57  | 6.40     | 37.95   | 45.99   | 6.94    | 1.15   | 0.00 |
| RUT-11                                       | 1.68  | 8.63     | 38.44   | 42.32   | 7.83    | 1.09   | 0.00 |
| RUT-12                                       | 3.07  | 13.65    | 56.78   | 22.82   | 3.35    | 0.33   | 0.00 |
| RUT-13                                       | 0.05  | 0.72     | 23.61   | 61.68   | 11.89   | 2.04   | 0.00 |
| RUT-14                                       | 6.14  | 20.91    | 47.24   | 20.95   | 4.29    | 0.47   | 0.00 |
| סתיו (1.11.21)                               |       |          |         |         |         |        |      |
| RUT-1                                        | 0.30  | 7.39     | 64.90   | 25.64   | 1.71    | 0.06   | 0.00 |
| RUT-2                                        | 0.19  | 8.77     | 55.54   | 29.78   | 5.41    | 0.31   | 0.00 |
| RUT-3                                        | 0.04  | 1.42     | 51.74   | 40.80   | 5.19    | 0.80   | 0.00 |
| RUT-4                                        | 0.31  | 6.38     | 40.98   | 43.81   | 7.86    | 0.65   | 0.00 |
| RUT-5                                        | 0.13  | 3.02     | 30.24   | 54.33   | 10.10   | 2.18   | 0.00 |
| RUT-6                                        | 0.29  | 3.23     | 47.24   | 40.69   | 6.67    | 1.87   | 0.01 |
| RUT-7N                                       | 0.07  | 3.17     | 39.24   | 43.50   | 11.54   | 2.47   | 0.01 |
| RUT-8N                                       | 0.07  | 1.11     | 7.20    | 53.55   | 30.99   | 7.02   | 0.05 |
| RUT-10                                       | 0.18  | 3.89     | 31.66   | 51.01   | 11.25   | 2.00   | 0.01 |
| RUT-11                                       | 0.08  | 1.91     | 36.18   | 53.87   | 6.70    | 1.25   | 0.00 |
| RUT-12                                       | 0.11  | 2.21     | 37.22   | 52.30   | 7.12    | 1.03   | 0.00 |
| RUT-13                                       | 0.06  | 2.06     | 41.29   | 49.26   | 5.79    | 1.53   | 0.00 |
| RUT-14                                       | 0.58  | 34.98    | 49.76   | 13.00   | 1.61    | 0.06   | 0.00 |

איור 2.40: התפלגות גודל הגרגר (מיקרומטר) בסדימנט באזור הניטור באביב (26.5) ובסתיו (1.11) 2021.



#### 2.4.3.2 מתכות כבדות ופחמן אורגני

תמונות של גלעיני הסדימנטים שנבדקו מוצגות בנספח ג'. ריכוזי פחמן אורגני (TOC) ומתכות כבדות בסדימנטים שנמדדו באביב 2021 באזור הניטור מוצגים בטבלה 2.24. בטבלה מוצגים גם ריכוזי המתכות שנמדדו באזור אשקלון במאי 2005, לפני התחלת הפעילות של מתקן התפלה אשקלון, במסגרת "ניטור מזח הפחם" של חברת החשמל (להלן - נטוני הרקע) (קרט וספר, 2005) והקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיאנוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) (Buchman, 2008). הקריטריונים של NOAA מתייחסים לריכוזי מתכות העלולים לגרום להשפעות מזיקות על החי הימי ומגדירים שתי רמות של ריכוזים: ERL (Effects Range Low) - ריכוזים שמתחת להם השפעות מזיקות צפויות רק לעיתים נדירות; ERM (Effects Range Median) - ריכוזים שמעל להם השפעות מזיקות צפויות לעיתים קרובות.

ריכוזי מתכות קטנים מ- ERL נחשבים כריכוזים שאינם מהווים סיכון משמעותי לחי הימי, כולל למינים רגישים.

מהנתונים בטבלה 2.24 עולה: (א) ריכוזי TOC בסדימנטים באזור הניטור נמוכים, דומים בכל נקודות הדיגום, ובתחום הערכים הטבעיים במימי החופים של ישראל; (ב) ריכוזי המתכות בסדימנטים נמוכים, דומים בכל נקודות הדיגום, ובתחום הערכים הטבעיים במימי החופים של ישראל בכלל (Herut et al, 1993), כמו גם בתחום של נתוני הרקע; (ג) ריכוזי כל המתכות נמוכים מערכי ERL. אותם ממצאים נמצאו בניטור בשנים קודמות מאז 2007, לאחר התחלת הפעילות של מתקן התפלה אשקלון. יש לציין שבכמה מקרים בשנים קודמות, כמו גם בנתוני הרקע, נמצאו בסדימנטים ריכוזי כרום גבוהים מערך ERL. באותם סדימנטים נמצאה העשרה גם בברזל ומנגן. ההעשרה בשלושת המתכות, שנמצאה גם במקומות אחרים לאורך החוף של ישראל, מאזור פלמחים ודרומה, קשורה כנראה במקור מינרלוגי טבעי (מינרלים כבדים) (חרות וחובריו, 2013).

**טבלה 2.24: ריכוזי מתכות כבדות ופחמן אורגני בסדימנטים באזור הניטור - דיגום אביב 2021 (26.5) ונתוני הרקע משנת 2005 (ניטור מזח הפחם)-והקריטריונים לאיכות סדימנטים ERL, ERM.**

| Station   | Hg           | Cd   | Ag   | Cu           | Zn       | Ni        | As   | Pb       | Cr       | Mn      | Fe        | Al      | TOC   |
|-----------|--------------|------|------|--------------|----------|-----------|------|----------|----------|---------|-----------|---------|-------|
|           | ng/g dry wt. |      |      | µg/g dry wt. |          |           |      |          |          |         | % dry wt. |         |       |
| RUT 4N    | <1.1         | <31  | <13  | 0.97         | 3.81     | 1.56      | 1.94 | 2.99     | 7.3      | 88.0    | 0.19      | 1.20    | 0.061 |
| RUT 5     | <1.1         | <31  | <13  | 0.78         | 2.30     | 0.92      | 1.61 | 2.07     | 4.4      | 47.3    | 0.11      | 0.63    | 0.049 |
| RUT 6     | <1.1         | <31  | <13  | 0.68         | 2.36     | 1.07      | 1.66 | 2.4      | 12.5     | 69.5    | 0.20      | 0.83    | 0.048 |
| RUT 7N    | <1.1         | <31  | <13  | 0.89         | 2.71     | 0.57      | 1.05 | 1.29     | 3.2      | 35.8    | 0.09      | 0.33    | 0.043 |
| RUT 8N    | <1.1         | <31  | <13  | 1.17         | 2.98     | 1.72      | 1.67 | 3.05     | 14.6     | 144.3   | 0.36      | 1.34    | 0.060 |
| RUT 12    | <1.1         | <31  | <13  | 1.08         | 1.68     | 0.71      | 1.73 | 1.92     | 5.3      | 46.0    | 0.10      | 0.49    | 0.041 |
| RUT 14    | <1.1         | <31  | <13  | 1.00         | 3.85     | 0.84      | 1.10 | 2.25     | 2.3      | 42.2    | 0.07      | 0.25    | 0.036 |
| RUT 15    | <1.1         | <31  | <13  | 0.99         | 5.19     | 1.07      | 1.63 | 1.17     | 7.8      | 76.0    | 0.18      | 0.78    | 0.044 |
| RUT 16    | <1.1         | <31  | <13  | 0.98         | 1.70     | 0.99      | 1.23 | 2.20     | 11.1     | 91.2    | 0.21      | 0.75    | 0.044 |
| 2005 Data | 2.8-20       | <200 |      | 0.95-8.88    | 1.3-29.0 | 0.73-6.29 |      | <2.0-5.9 | 5.0-81.7 | 63-1722 | 0.13-3.78 | 0.92-83 |       |
| ERL       | 150          | 1200 | 1000 | 34           | 150      | 21        | 8.2  | 47       | 81       |         |           |         |       |
| ERM       | 710          | 9600 | 3700 | 270          | 410      | 52        | 70   | 220      | 370      |         |           |         |       |

מאז התחלת הפעילות של מתקן התפלה אשקלון, אשר מזרים אל הים חלקיקים/קולואידים של ברזל-הידרוקסיד, מתבצע מעקב אחר ריכוזי הברזל בסדימנטים באזור הניטור. בדיקת הצטברות פוטנציאלית של ברזל מבוססת על היחס בין ריכוזי הברזל והאלומיניום בסדימנטים. פרמטר זה שבו אלומיניום משמש "כמנרמל גיאוכימי" מנטרל את השונות הטבעית של ריכוזי הברזל אשר נובעת מהשונות של הרכב

הסדימנטים מבחינת גודל וסוג הגרגירים.<sup>17, 18</sup> מגמת עליה עם הזמן בערך של פרמטר זה מצביעה על הצטברות ברזל בסדימנטים ולהיפך - העדר מגמת עליה בזמן מעיד שהברזל אינו מצטבר בסדימנטים ומתפזר ברחבי הים.

יחסי ברזל-אלומיניום בסדימנטים באזור הניטור מאז שנת 2007 מוצגים באיור 2.41 בהשוואה לנתוני הרקע. תוצאות הניטור ב- 2021 מוצגות בנפרד מכל תוצאות הניטור בשנים 2007-2019 המקובצות יחד, לצורך השוואה. דגימות שבהן נמצאה העשרה בברזל, מנגן וכרום, כאמור ממקור טבעי, תחומות במעגלים. קו הרגרסיה מייצג את הרקע הטבעי שנקבע ע"י חיאל"ל על סמך נתוני הרקע תוך הזנחת הדוגמאות התחומות במעגל. מהנתונים ברור שיחסי ברזל-אלומיניום בסדימנטים באזור הניטור בתקופה שמאז התחלת פעילותו של מתקן ההתפלה (כ- 16 שנים שבמהלכן הוזרמו לים כ- 1700 טון ברזל) טבעיים לאזור ומעידים שאין מגמת הצטברות של ברזל בסדימנטים עם הזמן.

המסקנה שהברזל המוזרם אל הים ממתקן ההתפלה אינו מצטבר בסדימנטים באזור אשקלון אלא מתפזר ברחבי הים מאששת את ההערכה המוקדמת שלא צפויה הצטברות, אשר התבססה, בין היתר, על הידע הקיים על המשטר ההידרודינמי וההסעה האינטנסיבית של סדימנטים באזור, ותואמת לממצאים על ריכוז הברזל בחלקיקים מרחפים במי הים באזור הניטור שנבדק בעבר במשך יותר מעשור, כמו גם להערכות בספרות המקצועית.<sup>19</sup>

יש לציין שהברזל-הידרוקסיד הנפלט ממתקן ההתפלה איננו רעיל (UNEP, 2008) ואין בספרות המקצועית עדויות להשפעות מזיקות של ברזל בסדימנטים על החי הימי, בריכוזים דומים לאלה המצויים באזור אשקלון. מאחר שהברזל מהווה סמן לנוכחות של חלקיקים שמקורם במי השטיפה הנגדית של המסננים של מתקן ההתפלה, המשמעות האקולוגית של הממצאים לעיל היא שחלקיקים כאלה אינם מצטברים בקרקעית באזור הרדוד של מדף היבשת ולכן אין חשש שיגרמו להפרעה פיסית לחי הקרקעית.

---

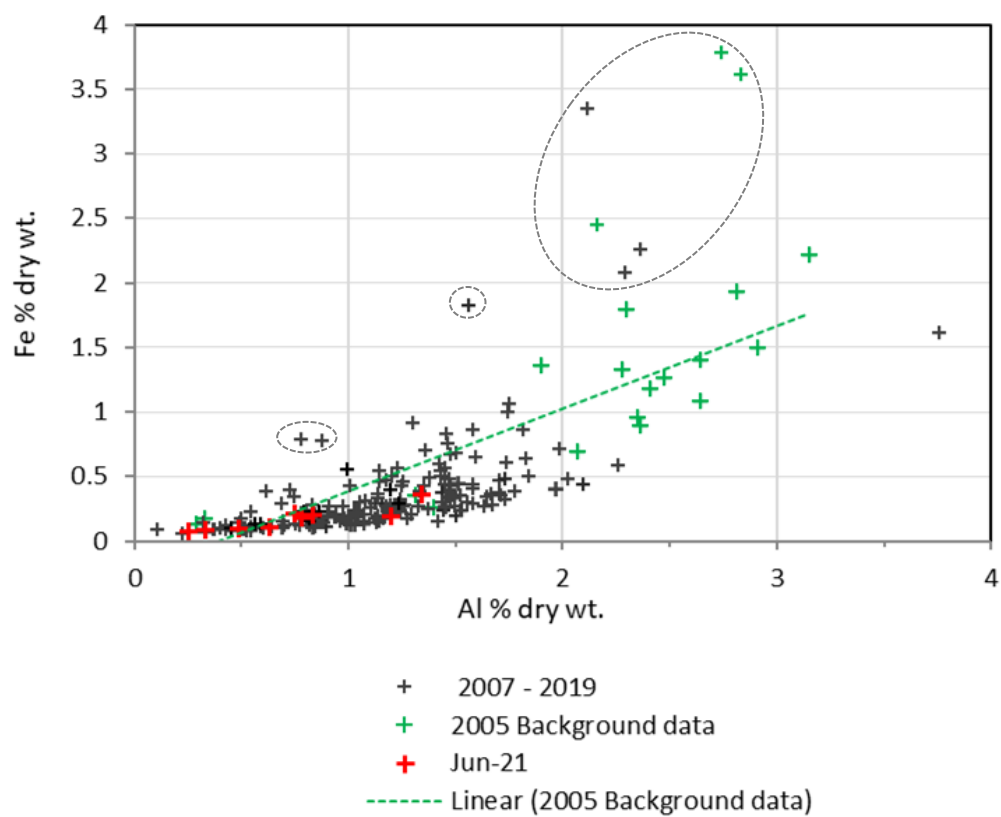
<sup>17</sup> שיטה מקובלת להערכה של רמת הזיהום של סדימנטים במתכות, מומלצת גם לאזור הים התיכון (Herut and Sandler, 2007).

<sup>18</sup> אלומיניום נוכח כמרכיב קורט בקואגולנט ומוזרם אל הים ממתקן ההתפלה ביחד עם הברזל אבל הכמויות זניחות יחסית לכמויות הברזל (כמה מאיות אחוז מכמות הברזל שהוזרמה לים). לכן בבדיקת היחס ברזל/אלומיניום בסדימנטים אפשר להתעלם מתרומת האלומיניום ממתקן ההתפלה ולהתייחס לאלומיניום בסדימנטים כרקע הטבעי.

<sup>19</sup> לדוגמה (ההדגשה לא במקור):

"If the spent filter backwash water is discharged without treatment, ferric oxyhydroxide flocs may settle on the seabed or, more likely, be dispersed" (Kahn et al, 2009).

איור 2.41: יחסי ברזל-אלומיניום בסדימנטים באזור הניטור בשנים 2007-2021 ונתוני הרקע משנת 2005. הדגימות מהשנים 2019-2007 מקובצות יחד. דגימות שבהן נמצאה העשרה בברזל, מנגן וכרום תחומות במעגלים. קו הרגרסיה מייצג את הרקע הטבעי.



#### 2.4.4 החי בתוך המצע

מאסף החי בתוך המצע ב- 13 נקודות RUT שנדגמו באביב ובסתיו מוצג בנספח ד' (כל הדגימות) ובטבלאות 2.25 א ו- 2.25 ב (ממוצעים של שלוש החזרות בכל נקודת דיגום). באביב, נספרו בסה"כ 14,384 פרטים ובסתיו 12,602 פרטים, אשר מוינו לקבוצות טקסונומיות ראשיות: רכיכות (Mollusca), סרטנאים (Crustacea), תולעים רב-זיפיות (Polychaeta) ותולעים נימיות (Nematoda) ובמידת האפשר לרמה הטקסונומית הנמוכה ביותר. איורים 2.42 א-2.43 ב מציגים את הופעת החי הכללית עם הפרדה של מערכת הנמטודה המהווה את החלק הארי של האורגניזמים, ובחלוקה לקבוצות החי הראשיות באביב ובסתיו. בנוסף לקבוצות הראשיות של בעלי החיים המרכיבים את חברת החי בתוך המצע, מופיעים מדי שנה בעלי חיים נוספים במספרים גבוהים בנקודות מסוימות. באביב 2021 הייתה נוכחות גבוהה במיוחד של פרטים מסדרת אקוולה (Acoela) ממערכת (Xenacoelomorpha). בסתיו הופיעו פרטים מרובים של תולעי חוטם (Nemertea), בעיקר בנקודות הרדודות הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז. מעבר לכך לא הופיעו אורגניזמים במספרים גבוהים למעט נמטודה, שהיוו 87% ו- 85.3% מכלל האורגניזמים בדיגומי האביב והסתיו, בהתאמה.

זמן הדור של בעלי החיים המרכיבים את חברת חי תוך המצע יכול להיות קצר (במינים מסוימים 3-6 חודשים) ולכן חברה זו מגיבה במהירות לשינויים עונתיים וסביבתיים (Higgins et al., 1988). בתוצאות הניטור בשנת 2021 ניכרת תופעה של חילופי מינים בין העונות, אשר בולטת במיוחד בתת-מערכת הסרטנאים, בין מחלקת הסרטנים העילאיים (Malacostraca; 334 פרטים באביב ו- 61 בסתיו) ותת-מחלקת השטרגליים (Copepoda; 1072 פרטים בסתיו ו- 12 באביב) עם דומיננטיות של סרטנים שטצדאים (Amphipoda) ממשפחת Gammaridae באביב ושטרגליים מסדרת Harpacticoida בסתיו.

הטמפרטורה והמליחות של מי הים באזור הניטור נמדדים בכל עונה במועדים ספציפיים, בד"כ סמוכים לדיגום החי בתוך המצע. נתוני הניטור הרב-שנתי מצביעים על תפוצה מרחבית דומה של ההבדלים בין הטמפרטורה והמליחות הנמדדים בנקודות RUT לערכי הרקע במרביתם של מועדי הניטור. עם זאת, ברור ששני הפרמטרים מושפעים מתנאי מזג האוויר ומעוצמות הזרימה במוצאים של מי הקירור של תחנות הכח ומי הרכז של מתקני ההתפלה ששררו בכל יום מדידה ולכן נתוני המדידות ביום מסוים לא בהכרח מייצגים את התנאים הסביבתיים בנקודות הדיגום השונות לאורך זמן. לכן, הניתוח של הרכב מאסף החי בנקודות הדיגום השונות נעשה ביחס לגורמים הקבועים של עומק הנקודות והמרחק שלהן ממוצאי מי הקירור ומי הרכז, בהנחה שבכל נקודת דיגום הגורמים הקבועים מייצגים ברמה סבירה את הממוצע לאורך זמן של מכלול התנאים הסביבתיים אשר משפיעים על בעלי החיים.

טבלה 2.25 א: ערכים ממוצעים (ממוצע של 3 חזרות) של הופעת החי בתוך המצע, אביב (26.5) 2021.

|                                     | RUT 1 | RUT 2 | RUT 3 | RUT 4 | RUT 5 | RUT 6 | RUT 7 | RUT 8 | RUT 10 | RUT 11 | RUT 12 | RUT 13 | RUT 14 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Acoela                              | 65.0  | 15.0  | 75.7  | 2.0   | 57.0  | 0.7   | 13.3  |       |        | 4.3    | 50.0   |        | 41.7   |
| Polychaeta                          |       | 1.3   | 1.0   | 0.7   | 2.0   | 2.0   | 1.0   | 0.3   | 1.7    | 1.7    | 0.3    | 6.0    |        |
| Glyceridae                          | 0.3   |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        | 0.3    |        |
| Hesionidae                          |       |       |       |       | 0.3   |       |       |       |        |        |        |        |        |
| Magelonidae                         |       |       |       |       |       |       |       | 0.3   |        |        | 0.3    |        |        |
| Nephtyidae                          | 0.7   | 1.3   | 10.3  | 1.0   | 6.7   | 10.0  | 8.0   | 20.7  | 11.3   | 2.0    | 2.7    | 6.7    | 7.7    |
| Orbiniidae                          | 13.3  | 3.0   | 10.7  | 0.3   |       | 1.7   | 0.3   | 0.7   |        | 0.7    | 5.3    |        |        |
| Phyllodocidae                       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        | 0.3    |        |        |
| Sigalionidae                        |       |       |       |       |       | 0.3   |       |       |        |        |        |        |        |
| Spionidae                           |       | 0.3   | 0.7   | 1.7   | 0.7   |       | 0.7   | 0.7   |        | 1.3    |        |        |        |
| Syllidae                            |       | 0.3   |       | 0.3   |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| <b>Crustacea</b>                    |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| Copepoda Calanoida                  |       | 0.3   |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| C. Cyclopoida                       |       | 0.3   |       | 0.3   |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| C. Harpacticoida                    |       |       | 0.7   |       |       | 0.7   |       | 0.7   | 0.3    |        |        | 0.3    | 0.3    |
| Amphipoda Corophium                 | 0.3   | 0.3   |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| A. Gammaridae                       |       | 14.7  | 12.7  | 1.0   | 2.0   | 18.3  | 1.7   | 4.3   | 3.3    | 23.3   | 2.0    | 6.0    | 1.0    |
| A. Urothoe sp.                      |       |       |       |       |       |       |       | 1.0   |        |        |        |        |        |
| Anomura                             |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.3    |        |        |        |        |
| Brachyura larvae                    |       |       |       |       |       |       | 0.7   |       | 0.3    |        |        |        |        |
| Cumacea                             |       | 1.0   |       | 2.0   |       |       |       |       | 0.3    | 1.7    | 0.7    |        |        |
| Decapoda (Brachyura)                |       |       |       | 0.3   |       |       |       |       |        | 0.3    |        |        |        |
| Isopoda                             |       |       |       |       |       |       | 0.7   |       |        |        |        |        |        |
| I. Cirolana sp.                     | 0.3   | 1.3   | 1.7   |       | 1.0   |       | 0.3   |       | 0.7    |        |        |        |        |
| I. Anthuridae                       |       |       | 0.3   |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| Mysida (Gastrosaccus mediterraneus) | 1.0   | 3.3   |       | 2.0   | 0.3   |       |       |       |        | 1.0    | 0.7    |        | 0.7    |
| Tanaidacea                          |       | 1.3   |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| T. Apseudes                         |       | 0.3   |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| Ostracoda                           |       |       |       | 0.3   | 0.3   |       |       |       | 0.3    |        |        |        | 0.3    |
| <b>Bivalvia</b>                     |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.3    |        | 0.3    |        |        |
| Modiolus barbatus                   |       | 1.0   |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| Donax trunculus                     |       |       | 0.7   |       |       | 2.0   | 0.7   |       | 1.0    | 0.7    |        | 1.0    |        |
| Donax venustus                      |       |       |       |       |       |       |       | 0.3   |        |        |        |        |        |
| <b>Gastropoda</b>                   |       | 0.3   |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| Leucotina natalensis                |       |       |       |       |       |       |       | 0.3   |        |        |        |        |        |
| Sphaeronassa mutabilis              |       |       | 0.3   |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| <b>Nematoda</b>                     | 230.7 | 354.3 | 238.7 | 631.3 | 466.7 | 197.0 | 222.3 | 61.3  | 241.7  | 828.0  | 442.7  | 133.0  | 117.3  |
| Nemertea                            | 1.3   | 0.3   | 3.0   | 1.3   | 1.0   | 0.7   | 2.3   |       | 0.3    | 3.0    | 2.3    | 1.3    | 0.3    |
| Echiura                             |       |       |       | 0.3   |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| Hydrozoa                            |       | 0.3   |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
| Chaetognatha                        |       |       | 0.3   |       |       |       |       | 0.3   |        |        |        |        |        |

טבלה 2.25 ב: ערכים ממוצעים (ממוצע של 3 חזרות) של הופעת החי בתוך המצע, סתיו (1.11) 2021.

|                                   | RUT 1 | RUT 2 | RUT 3 | RUT 4 | RUT 5 | RUT 6 | RUT 7N | RUT 8N | RUT 10 | RUT 11 | RUT 12 | RUT 13 | RUT 14 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Acoela                            |       |       |       |       |       | 1     |        |        | 18     |        |        |        | 42     |
| <b>Polychaeta</b>                 |       |       | 1     |       |       | 5     | 3      | 9      |        | 2      |        | 6      | 93     |
| P. Cirratulidae                   |       |       |       |       |       |       |        | 1      |        |        |        |        |        |
| P. Eunicidae                      |       |       |       |       |       |       | 1      |        |        |        |        |        |        |
| P. Glyceridae                     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        | 1      |        |        |
| P. Hesionidae                     |       |       | 2     | 2     | 9     | 6     | 3      |        | 6      | 6      | 5      | 31     | 23     |
| P. Maldanidae                     |       |       |       |       |       |       |        | 1      |        |        |        |        |        |
| P. Nephtyidae                     |       |       |       |       |       | 3     | 8      | 2      | 17     | 8      |        | 10     | 6      |
| P. Onuphidae                      |       |       |       |       |       | 1     |        |        |        |        |        |        |        |
| P. Orbiniidae                     |       |       |       |       | 1     | 3     | 4      |        | 1      |        |        | 1      | 2      |
| P. Paraonidae                     |       |       |       |       |       |       |        | 2      |        |        |        | 1      |        |
| P. Saccocirridae                  | 1     | 114   |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |
| P. Sigalionidae                   |       |       |       |       |       |       | 2      |        |        |        |        |        |        |
| P. Spionidae                      |       |       |       |       |       |       | 2      | 14     |        |        |        |        |        |
| <b>Crustacea</b>                  |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |
| Copepoda Calanoida                |       |       | 3     |       |       | 1     | 1      | 1      |        | 1      | 1      | 1      | 1      |
| C. Cyclopoida                     |       |       |       |       |       |       |        | 5      |        |        |        |        |        |
| C. Harpacticoida                  |       | 2     | 5     | 2     | 2     | 13    | 58     | 957    | 1      | 4      | 3      | 7      | 3      |
| Amphipoda Corophium               |       |       | 3     |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |
| A. Gammaridae                     |       |       | 3     | 1     | 1     | 8     | 1      | 4      | 16     |        | 1      | 6      | 2      |
| A. Urothoe sp.                    |       |       |       |       |       | 1     | 1      |        |        |        |        | 2      |        |
| Brachyura                         |       |       | 1     |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |
| Isopoda                           |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        | 1      |        |
| Mysida Gastrosaccus mediterraneus |       |       |       |       |       |       |        |        | 1      | 1      | 1      |        | 1      |
| Ogyrides mjoeborgi                |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        | 1      | 1      |
| Tanaidacea                        |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        | 1      |        |
| Tanaidacea Apseudes               | 1     |       |       |       |       |       |        | 1      |        |        |        |        |        |
| Ostracoda                         |       |       |       |       |       |       | 1      | 2      |        |        |        |        |        |
| <b>Bivalvia</b>                   |       | 1     |       | 2     |       | 1     | 3      | 7      | 1      | 1      |        | 1      |        |
| B. Modiolus barbatus              |       |       | 1     |       | 1     |       |        |        | 2      |        |        |        |        |
| B. Donax trunculus                |       |       |       |       |       |       |        |        | 2      |        |        |        |        |
| B. Donax sp.                      |       |       |       |       |       | 3     | 3      | 2      |        |        |        | 2      |        |
| B. Mactra stultorum               |       |       |       |       |       | 1     | 6      | 22     |        |        |        |        |        |
| B. Montacuta substriata           |       |       |       |       |       |       |        | 2      |        |        |        |        |        |
| B. Brachiodontes                  |       | 1     |       |       |       |       | 1      |        |        |        |        |        |        |
| B. Mytilidae                      |       | 1     |       |       | 1     | 1     | 2      | 1      |        | 3      |        |        |        |
| <b>Gastropoda</b>                 |       |       |       |       |       |       |        | 1      | 1      |        | 1      | 1      |        |
| <b>Nematoda</b>                   | 194   | 429   | 946   | 493   | 1151  | 873   | 1017   | 434    | 781    | 1440   | 947    | 1024   | 1026   |
| Acan                              |       |       |       |       |       |       | 1      |        |        |        |        |        |        |
| Nemertea                          | 50    | 53    | 12    | 3     | 2     | 3     |        | 3      |        | 3      | 5      | 3      | 3      |
| Echiura                           |       |       |       | 1     |       |       |        | 1      |        |        |        | 1      |        |
| Actinaria                         |       |       |       |       |       | 1     |        |        |        |        |        |        |        |
| Branchiostoma lanceolatum         |       |       |       |       | 1     |       |        | 3      |        |        | 1      |        |        |
| Phoronida                         |       |       |       |       |       |       |        | 2      |        |        |        |        |        |

באביב האורגניזמים השכיחים ביותר היו ממערכת הנמטודה עם 12,495 פרטים בסה"כ (שלוש החזרות) שהיוו 86.9% מסך כל בעלי החיים (נספח ד'). בנקודות הרדודות שכיחותם הייתה גבוהה יותר (איור 2.42 א), אך לא נמצא מתאם בין שכיחות הנמטודה לעומק נקודות הדיגום או למרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכז. הופעת הנמטודה הייתה הגבוהה ביותר (מעל 1000 פרטים) בנקודות RUT4, RUT11, RUT12, RUT5 ו-RUT2. בנקודות RUT4, RUT11, RUT10 ו-RUT1 פרטים של נמטודה היוו 98%, 95% ו-92% מכלל הפרטים, בהתאמה. בנקודה RUT11 בגלל שכיחותם הגבוהה ובנקודות RUT4 ו-RUT10 בעיקר בגלל שכיחות נמוכה ביותר של יתר האורגניזמים (41 ו-61 פרטים בלבד, בהתאמה). בנקודות RUT8N, RUT14 ו-RUT13 שכיחות הנמטודה הייתה הנמוכה ביותר (איורים 2.42 א, 2.43 א). באופן כללי, שכיחות הנמטודה באזור הניטור הייתה גבוהה יחסית לדיגומי האביב בשנות ניטור קודמות וניתן לראות מגמה של עליה מתונה בשכיחות במהלך שנות הניטור (איור 2.48 א). בסתיו מערכת הנמטודה מנתה 10,755 פרטים בסה"כ, שהיוו 85.3% מכלל הפרטים בדיגום. שכיחות הנמטודה הייתה הגבוהה ביותר בנקודה RUT11 והנמוכה ביותר בנקודה RUT1 (איור 2.42 ב) ולא נמצא מתאם לעומק הנקודות או למיקומן ביחס למוצאי מי הקירור ומי הרכז.

במחלקת התולעים הרב-זיפיות באביב נספרו בכל נקודות הדיגום 456 פרטים, שהיוו 3.2% מכלל האורגניזמים בדיגום. אחוז זה נמוך יחסית ודומה רק לשכיחות התולעים הרב-זיפיות בדיגום אביב 2016. המשפחות השכיחות ביותר היו *Nephtyidae*, *Orbiniidae* ו-*Spionidae* (267, 108 ו-18 פרטים בהתאמה). משפחות אלו אופייניות לאזור הרדוד של החוף החולי הישראלי (חרות וחובריו, 2015) והיו השכיחות ביותר גם בניטור אביב 2019 (כהן וחובריו, 2020). לא נמצא מתאם בין שכיחות הפרטים ממחלקת התולעים הרב-זיפיות למיקום של נקודות הדיגום ביחס למוצאי מי הקירור ומי הרכז או לעומק הנקודות (איור 2.43 א). לעומת זאת נמצא מתאם חיובי בין שכיחות הפרטים ממשפחת *Nephtyidae* לבין העומק. יתכן שלהרכב הגרנולומטרי של הסדימנט יש השפעה, מכיוון שנמצא מתאם חיובי דומה בין שכיחות *Nephtyidae* לאחוז מקטע גודל גרגר 63-125 מיקרומטר בסדימנט ( $R^2=0.59$ ) ובין העומק של נקודות הדיגום לאחוז מקטע זה ( $R^2=0.61$ ). עי"פ Meibner et al (2008), שאפיינו את בית הגידול של *Nephtyidae*, מינים ממשפחה זו שכיחים בבית הגידול החולי ומינים מסוימים מעדיפים גודל גרגר דק. בסתיו הופיעו 419 פרטים של תולעים רב-זיפיות שהיוו 3.3% מכלל הפרטים. המשפחות הנפוצות היו *Saccocirridae*, *Nephtyidae* ו-*Hesionidae* (115, 93 ו-45 פרטים, בהתאמה). משפחת *Saccocirridae* הופיעה בנקודה RUT2 בלבד (למעט פרט בודד בנקודה RUT1). מינים ממשפחה זו ידועים כבעלי כושר הדבקות לגרגרי החול ושכיחים באזורי חוף רדודים בעלי גודל גרגר גס (Beesley et al. 2000). תופעה זו תועדה גם בניטור באביב 2012 ו-2015 ובסתיו 2013, 2015 ו-2019. בסתיו לא נמצא מתאם בין עומק הנקודות או מיקומן לבין שכיחות התולעים הרב-זיפיות.

מתת-מערכת הסרטנאים נספרו באביב 366 פרטים, שהיוו 2.5% מכלל האורגניזמים בדיגום. מתוכם 334 ממחלקת סרטנים עילאיים (*Malacostraca*) שהיוו 95.4% מכלל הסרטנים. המשפחה השכיחה ביותר, עם 271 פרטים שהיוו 81.1% ממחלקה זו הייתה *Gammaridae* מסדרת שטצדאים (*Amphipoda*). תת-מחלקת שטרגליים (*Copepoda*), שאינה שכיחה באביב, מנתה 12 פרטים שהיוו 3.4% מסך הסרטנאים. הסדרה השכיחה הייתה *Harpacticoida* (9 פרטים שהיוו 75.0% מסך הפרטים מתת-מחלקה

זו). בניגוד לשנים קודמות, לא נמצא מתאם בין שכיחות השטצדאים או השטרגליים לעומק הנקודות או למרחק הנקודות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז. ממחלקת הצדפונאים (Ostracoda) נמצאו רק 4 פרטים. התפלגות זו בין קבוצות הסרטנים אופיינית לעונת האביב, אך המספר הנמוך של כלל הסרטנים חריג ביותר (איור 2.43 א). למעשה שכיחות הסרטנים הייתה פחות ממחצית משכיחותם בשנת 2017, שליש משכיחותם בשנים 2015 ו-2019 ורבע משכיחותם בשנת 2016 ונמצאה מגמה כללית של ירידה בשכיחותם בחמש שנות הניטור האחרונות (איור 2.48 א). בבחינה של מכלול נתוני הסרטנים לא נמצא מתאם בין שכיחותם לעומק של נקודות הדיגום ולמרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכז. בניגוד לדיגומים בעבר, שכיחותם הייתה הגבוהה ביותר בנקודות הרדודות והקרובות למוצאים RUT6, RUT2, RUT11 ו- RUT3 ונמוכה יחסית בנקודות RUT14, RUT7N, RUT10 ו- RUT8N העמוקות והרחוקות מהמוצאים (איור 2.43 א). לא נמצא מתאם בין שכיחות הסרטנים לבין הרכב הסדימנט. בסתיו שכיחות תת-מערכת הסרטנאים הייתה גבוהה יחסית עם 1136 פרטים, שהיוו 9.0% מכלל בעלי החיים בנקודות הדיגום השונות. עיקר הייצוג היה לתת-מחלקת שטרגליים עם 1072 פרטים שהיוו 94.4% מכלל הסרטנאים, מתוכם בלטה סדרת Harpacticoida עם 1057 פרטים שהיוו 93.0% מכלל השטרגליים. למחלקת-על סרטנים עילאיים הייתה נוכחות דלה מאוד עם 61 פרטים בלבד וממחלקת צדפונאים נספרו 3 פרטים בסה"כ. יחס שכיחות זה אופייני לעונת הסתיו, כפי שנמצא בניטור בשנים קודמות, אם כי שכיחות הפרטים במחלקות, פרט לשטרגליים, הייתה נמוכה. רובם הגדול של הסרטנים הופיעו בנקודה RUT8N וגם בנקודה RUT7N שכיחותם הייתה גבוהה יחסית, 90.8% מכלל הפרטים (איור 2.43 ב). מכיוון ששתי נקודות אלה עמוקות, נמצא מתאם חיובי בין שכיחות הסרטנים לבין עומק נקודות הדיגום, אך לא נמצא מתאם בין שכיחות הסרטנים למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז

ממערכת הרכיכות נספרו באביב רק 28 פרטים, שהיוו 0.2% מסך הפרטים בדיגום. מהם 4 פרטים ממחלקת החלזונות (Gastropoda) וכל השאר צדפות (Bivalvia). במחלקת הצדפות המין השכיח ביותר היה *Donax trunculus* (18 פרטים שהיוו 75.0% מכלל הצדפות). בנוסף למין זה נמצאו 3 פרטים של המין *Modiolus barbatus*, פרט בודד של המין *Donax venustus* ושני פרטים לא מזוהים של צדפות. מרבית הצדפות נכחו בנקודות RUT6, RUT10, RUT2 ו- RUT13. בנקודות RUT1, RUT4, RUT5 ו- RUT14 לא הופיעו צדפות כלל וביתר הנקודות נמצאו שני פרטים לכל היותר (איור 2.43 א). לא נמצא מתאם בין שכיחות הצדפות למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז או לעומק הנקודות. שכיחות הפרטים במחלקת הצדפות הייתה חריגה אף יותר מזו של הסרטנים. באביב 2021 שכיחות הצדפות הייתה נמוכה בסדר גודל יחסית לאביב 2015 ו-2017 ובשני סדרי גודל יחסית לאביב 2016 ו-2019 (איור 2.48 א). זאת למרות שבאביב 2019 הייתה שכיחות גבוהה במיוחד של פרטים צעירים מהסוג *Donax*, אך כנראה שהשרידות של פרטים אלה הייתה נמוכה מאד. למחלקת החלזונות היה ייצוג נמוך באביב עם 4 פרטים בלבד. שכיחות נמוכה זו קרובה לממוצע הרב שנתי באביב שהינו 6 פרטים. בסתיו הופיעו 79 פרטים בלבד ממערכת הרכיכות, שהיוו 0.6% מכלל בעלי החיים. שכיחות זו נמוכה ביחס לשנות דיגום קודמות אבל לא בהרבה ובטווח סטיית התקן (איור 2.48 ב). מבין הרכיכות, 4 פרטים היו חלזונות והיתר צדפות. המין הנפוץ ביותר היה *Mactra stultorum*. כמו בסרטנים, גם במחלקת הצדפות, רוב הפרטים הופיעו בנקודות RUT8N ו- RUT7N; ביתר הנקודות הופיעו 6 פרטים לכל היותר ובנקודות

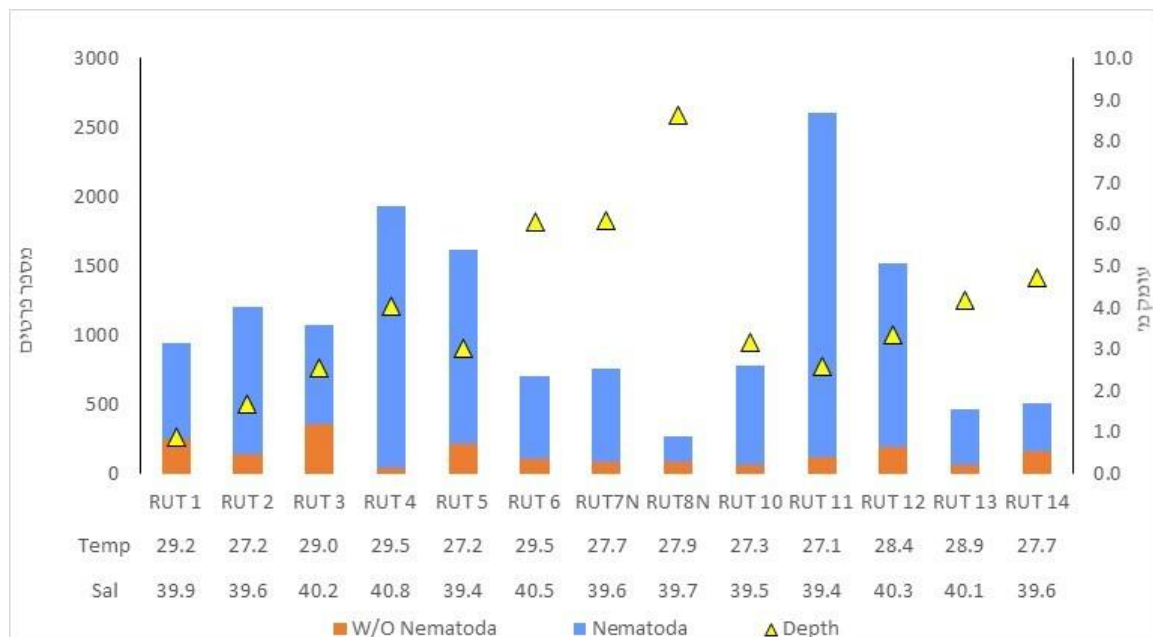
RUT1 ו-RUT14 לא הופיעו רכיכות כלל (איור 2.43 ב). למחלקת החלזונות היה ייצוג של 4 פרטים לא מזוהים. לא נמצא מתאם בין שכיחות הרכיכות לבין מיקום נקודות הדיגום ביחס למוצאי מי הקירור ומי הרכז אך נמצא מתאם חיובי לעומק הנקודות.

באביב נספרו 984 פרטים מסדרת אקוולה (6.8% מכלל הפרטים בדיגום). פרטים מסדרה זו הופיעו בשכיחות הגבוהה ביותר אחרי הנמטודה, גבוהה יותר מאשר שלוש הקבוצות הראשיות יחד (תולעים רב-זיפיות, סרטנאים ורכיכות, בסה"כ 850 פרטים). שכיחות זו היא הגבוהה ביותר בחמש שנות הניטור האחרונות, פי שניים מהשכיחות ב-2017, פי ארבע מאשר ב-2016 ובשנים 2015 ו-2019 הופיעו רק 27 ו-1 פרטים של אקוולה, בהתאמה. באופן כללי יש עליה בשכיחות אקוולה במהלך השנים, למעט שנת 2019 בה סדרה זו לא הייתה נוכחת. בנוסף, בעוד שברוב השנים שכיחות אקוולה הייתה הגבוהה ביותר בנקודות RUT1, RUT5 ו-RUT11, באביב 2021 נמצאו פרטים רבים בנקודות אלו וגם בנקודות RUT2, RUT3, RUT7N ו-RUT14 (איור 2.43 א). לא נמצא מתאם בין שכיחות הפרטים למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז או לעומק הנקודות, אך נמצא מתאם חיובי לאחוז מקטע גודל גרגר של 250-500 מיקרומטר ( $R^2=0.65$ ) ומתאם שלילי חזק יותר למקטע 180-250 מיקרומטר ( $R^2=0.85$ ). בסתיו נספרו 140 פרטים ממערכת תולעי החוטם (Nemertea), שהופיעו בעיקר בנקודות RUT1, RUT2 ו-RUT3 (איור 2.43 ב). גם בשנת 2019 הופיעו תולעי חוטם בעיקר בנקודות אלו בסתיו. פרט לקבוצות אלה, לא הופיעו אורגניזמים נוספים במספרים משמעותיים בשתי העונות.

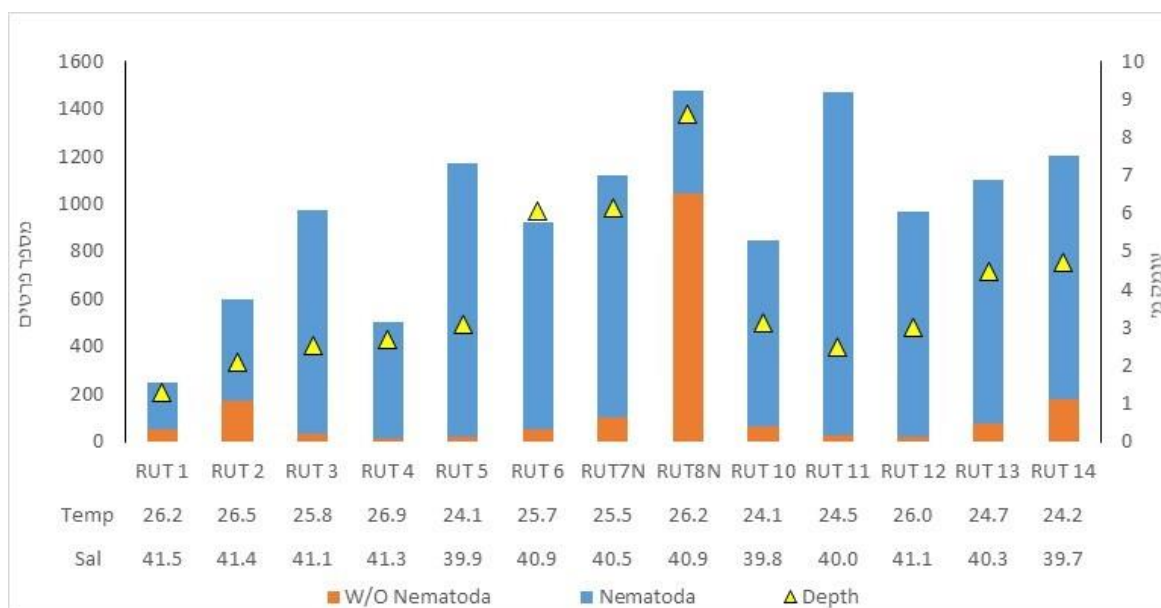
ניתן לסכם שלמרות שמספר הפרטים הכללי של חברת החי בתוך המצע באביב 2021 היה דומה לשנות ניטור קודמות, הרכב החברה היה חריג ומורכב כמעט כולו מנמטודה ופרטים מסדרת אקוולה שהיו ביחד 93.7% מכלל הפרטים בדיגום. בנוסף לשכיחות הנמוכה של פרטים מהקבוצות הראשיות, גם יחס השכיחות בנייהן היה חריג. ברוב נקודות הדיגום היחס בין התולעים הרב-זיפיות לבין סרטנאים + רכיכות היה גדול מ-1, כאשר ברוב שנות הניטור יחס זה היה קטן מ-1 במרבית נקודות הדיגום. יחס זה היה קיצוני דווקא בנקודות הביקורת RUT14 ובנקודה העמוקה ביותר RUT8N, שבדרך כלל הן העשירות ביותר בקבוצות הסרטנים והצדפות. נקודות הדיגום בהן יחס התולעים הרב-זיפיות לסרטנאים + רכיכות היה קטן מ-1 היו RUT2, RUT4, RUT6 ו-RUT11, שמרחקן ממוצאי מי הקירור ומי הרכז הוא 0.3-0.6 ק"מ (איור 2.44 א). באופן כללי, יחס התולעים הרב-זיפיות לסרטנאים + רכיכות באביב 2021 יכול להצביע על חברת חי תוך מצע מעורערת. עם זאת, ברור שמצב זה אינו קשור לזרמי המים החמים והמלוחים של תחנות הכח ומתקני ההתפלה, על סמך ההתפלגות המרחבית של הרכב חברת חי תוך המצע, שהיה במצב טוב יותר בנקודות הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז מאשר בנקודות הרחוקות מהמוצאים, כולל בנקודות הביקורת. בסתיו לא הייתה חריגה בשכיחות הפרטים מהקבוצות הראשיות ביחס לשנים קודמות. גם היחס בין שכיחות התולעים הרב-זיפיות לסרטנים + רכיכות לא היה חריג במרבית נקודות הדיגום (איור 2.44 ב). הנקודות בהן התולעים הרב-זיפיות הופיעו באחוזים גבוהים בהרבה מ-50% היו RUT2 ו-RUT14, הראשונה קרובה מאוד למוצאי מי הקירור ומי הרכז והשנייה הרחוקה ביותר מהמוצאים. בשני המקרים היו אלה תולעים ממין אחד שהופיעו במספרים גבוהים מאוד (נספח ד'). תופעה זו, של הופעת פרטים רבים מאוד של מין מסוים של תולעים רב-זיפיות בנקודה ספציפית, אינה חריגה אך בדרך כלל אופיינית לנקודות הרדודות הקרובות

למוצאי מי הקירור ומי הרכז. הסיבה לשינוי הניכר בהרכב חברת החי בנקודה RUT14 קשורה כנראה להרכב הגרנולומטרי של הסדימנט, שהשתנה בצורה ניכרת אחרי שנת 2017; מקטע גודל גרגר 1000-500 מיקרומטר גדל בהרבה על חשבון מקטע גודל גרגר 250-180 מיקרומטר. הנקודות בהן יחס התולעים הרב-זיפיות לסרטנאים + הרכיכות היה קטן בהרבה מ-1 היו RUT7N ו-RUT8N. בשונה מדיגום האביב, בסתיו הנקודות העמוקות היו עשירות בסרטנים ורכיכות אך כאמור, הסרטנים ובמידה פחותה גם הרכיכות נכחו בעיקר בנקודות העמוקות ביותר. הנקודות בהן שכיחות קבוצות אלו הייתה גבוהה היו הנקודות הנמצאות מצפון למוצאי מי הקירור ומי הרכז, RUT6, RUT13 ובמידה פחותה גם RUT3 (על אף רדידותה וקרבתה הרבה למוצאים) והנקודה הרחוקה והרדודה RUT10. בראיה רב שנתית ניתן לומר ששכיחות ותפוצת הפרטים בסתיו 2021 אופיינית לעונה זו.

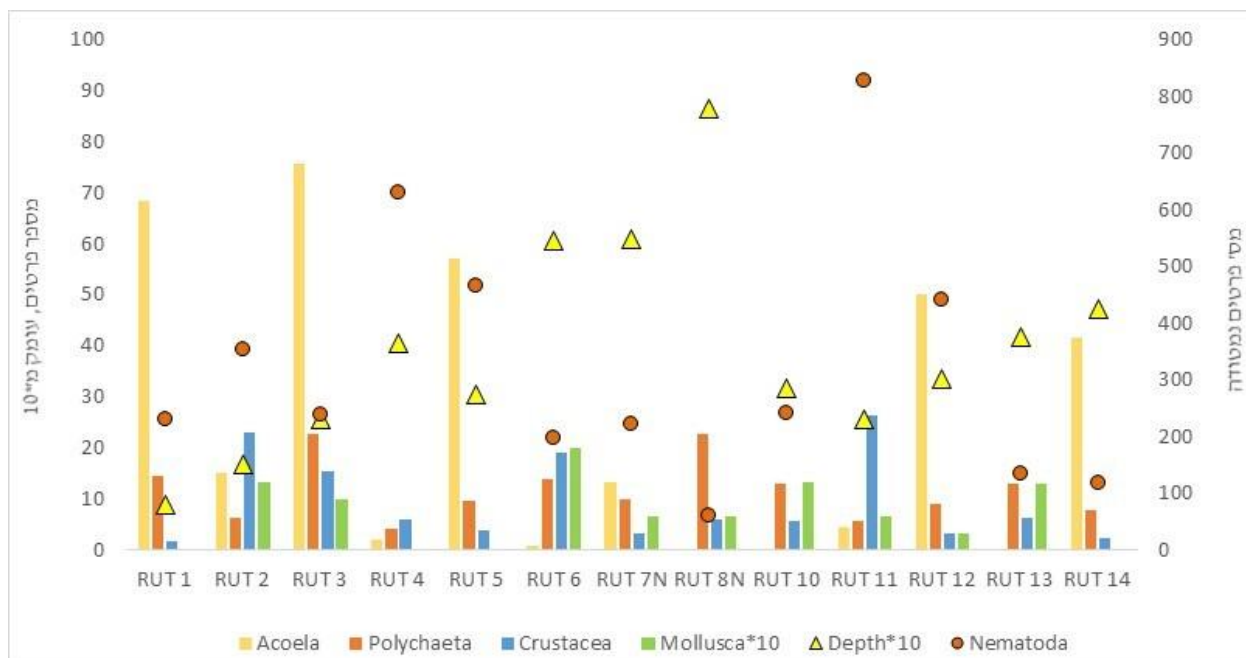
איור 2.42 א: החי בתוך המצע בדיגום אביב 2021: מספר הפרטים הכולל (בשלוש החזרות) של הנמטודה, של כלל בעלי החיים ללא נמטודה, ועומק נקודות הדיגום. מתחת לנקודות רשומות הטמפרטורה והמליחות שנמדדו ביום הדיגום.



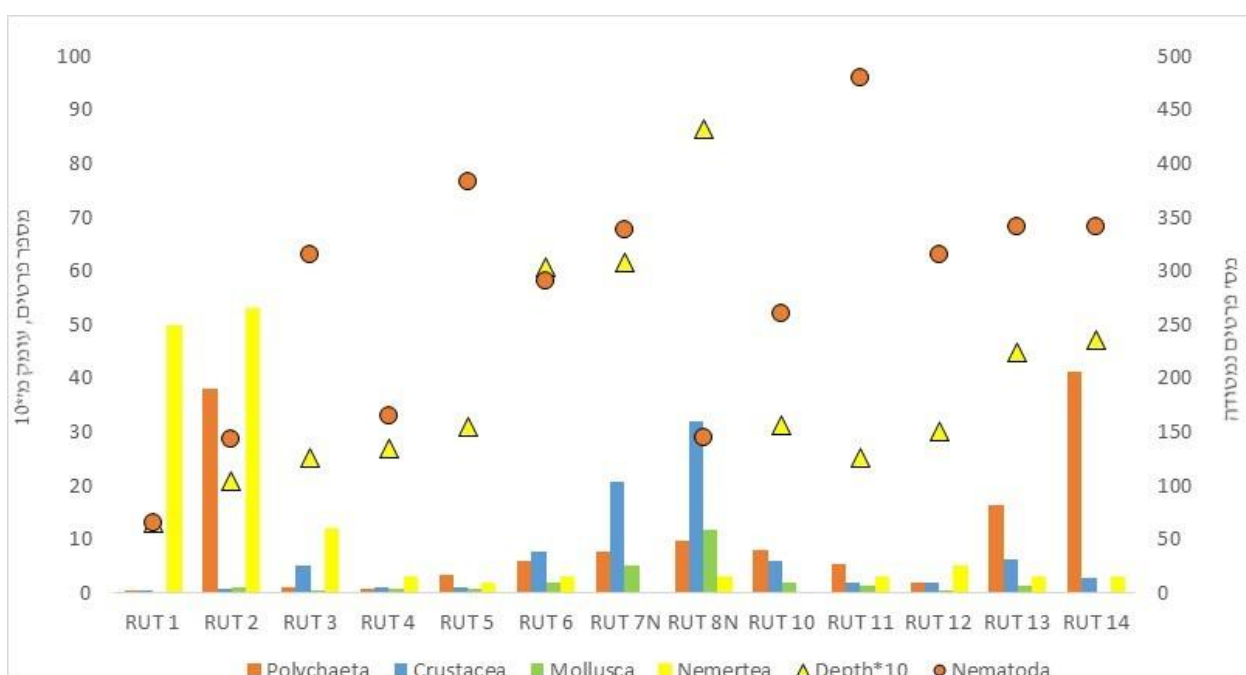
איור 2.42 ב: החי בתוך המצע בדיגום סתיו 2021: מספר הפרטים הכולל (בשלוש החזרות) של הנמטודה, של כלל בעלי החיים ללא נמטודה, ועומק נקודות הדיגום. מתחת לנקודות רשומות הטמפרטורה והמליחות שנמדדו ביום הדיגום.



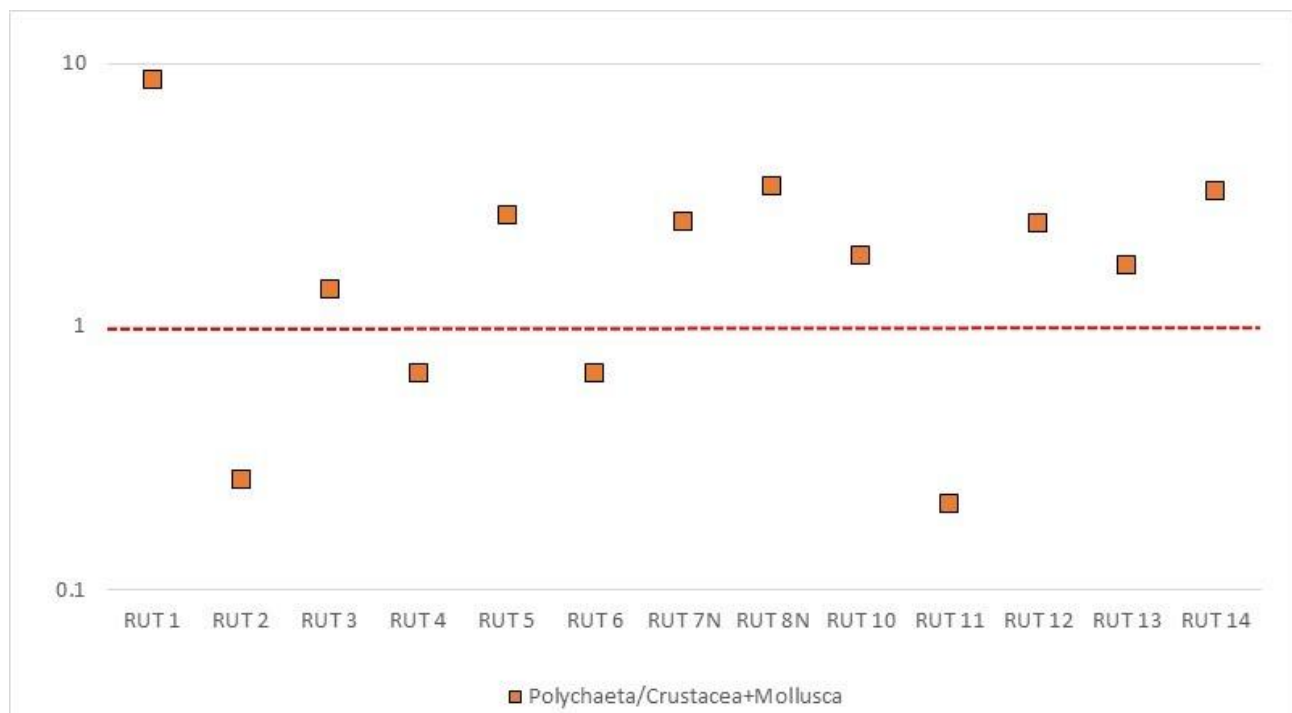
**איור 2.43 א: החי בתוך המצע בדיגום אביב 2021: שכיחות הפרטים (ממוצע של 3 חזרות) בחלוקה לקבוצות החי ועומק נקודות הדיגום. הסקאלה של מספר הפרטים של נמטודה שונה מזו של הקבוצות האחרות. שכיחות הפרטים של רכיכות ועומק הנקודות הוכפלו ב- 10 לצורך האיור.**



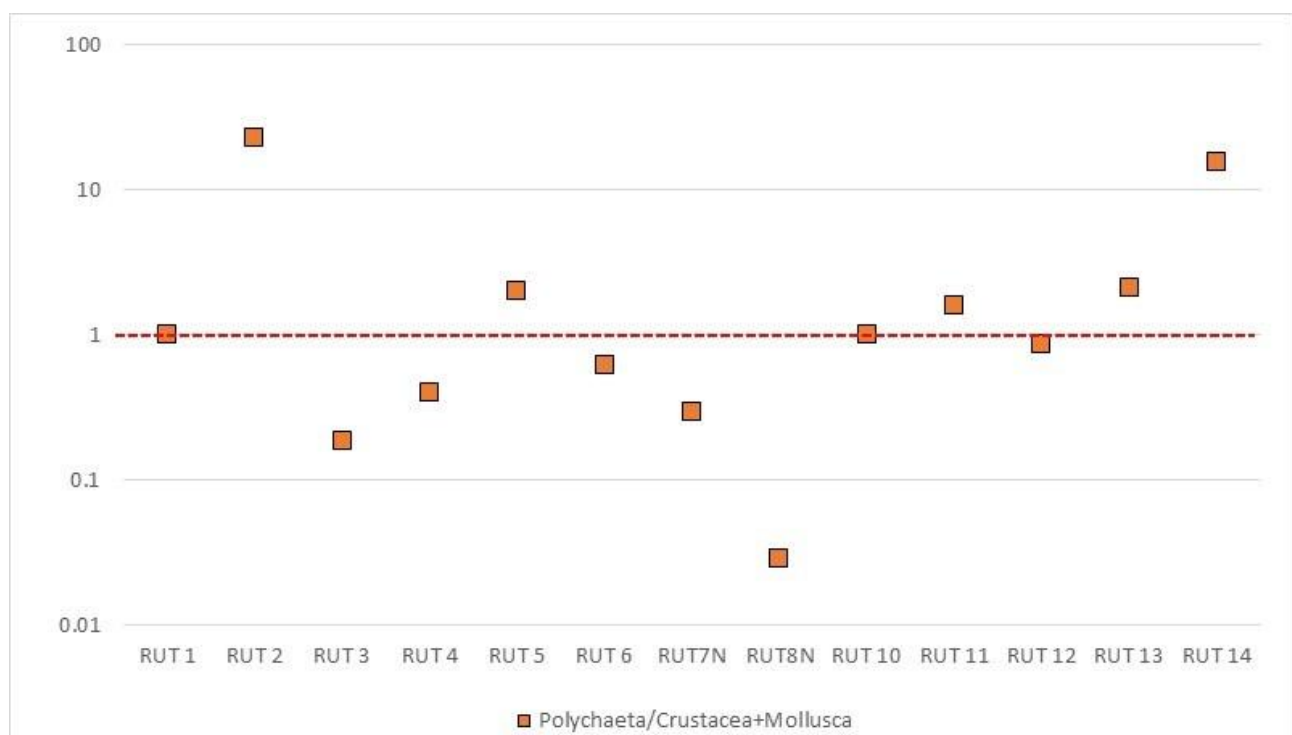
**איור 2.43 ב: החי בתוך המצע בדיגום סתיו 2021: שכיחות הפרטים (ממוצע של 3 חזרות) בחלוקה לקבוצות החי ועומק נקודות הדיגום. הסקאלה של שכיחות הפרטים של מערכת הנמטודה שונה מזו של הקבוצות האחרות. עומק הנקודות הוכפל ב- 10, ומספר הסרטנאים בנקודה RUT8N חולק ב- 10 לצורך האיור.**



איור 2.44 א: היחס בין שכיחות התולעים הרב-זיפיות לשכיחות הסרטנאים+הרכיכות באזור הניטור בדיגום אביב 2021.



איור 2.44 ב: היחס בין שכיחות התולעים הרב זיפיות לשכיחות הסרטנאים+הרכיכות באזור הניטור בדיגום סתיו 2021.



### מאפיינים כלליים של משתני המאסף

נקודות הדיגום השונות אופיינו בעזרת 4 מדדים חד משתניים (טבלה 2.26 א): מספר הפרטים (N (Abundance), עושר טקסונים (S (Richness), מגוון המינים (Diversity) d ע"פ Margalef ומדד השיוויוניות (Evenness) J' ע"פ Pielou. מדד מגוון המינים המשקלל בתוכו את עושר המינים ושכיחותם, ביחד עם מדד השיוויוניות המחשב את התרומה היחסית של מינים מכלל המאסף, מעידים על "בריאות" חברת החי. ככל שמגוון המינים וערך השיוויוניות גבוהים יותר הם מצביעים על חברת חי פחות מופרעת.

בדיגום האביב, מספר הפרטים היה הגבוה ביותר בנקודות RUT11, RUT4, RUT5 ו-RUT12 הרדודות והקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז, והנמוך ביותר בנקודות RUT8N, RUT13 ו-RUT14 העמוקות יחסית והרחוקות מהמוצאים. הבדלים אלה מבוססים בעיקר על שכיחות הנמטודה, שכאמור הייתה גבוהה בסדר גודל יחסית לקבוצות החי האחרות (טבלה 2.26 א). לא נמצא מתאם בין מספר הפרטים הכולל למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז או לעומק הנקודות (טבלה 2.26 ב). מספר הפרטים ללא נמטודה היה הגבוה ביותר בנקודות RUT3, RUT1, RUT5 ו-RUT12 והנמוך ביותר בנקודות RUT4, RUT10 ו-RUT13. התפלגות שכיחויות זו בנקודות הדיגום השונות חריגה מאחר שבמרבית שנות הניטור שכיחות הפרטים ללא נמטודה היא מהנמוכות ביותר בנקודות RUT3 ו-RUT12 וגבוהה יחסית בנקודות RUT10 ו-RUT13. כמו כן, באביב 2021, בהשוואה לחמש שנות הניטור האחרונות, שכיחות הפרטים ללא נמטודה הייתה נמוכה משמעותית בכל נקודות הדיגום למעט RUT2, RUT3, RUT11 ו-RUT12 הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז, בהן מספר הפרטים ללא נמטודה היה גבוה יחסית לשנים קודמות. עושר הטקסונים היה הגבוה ביותר בשלוש הנקודות הרדודות והקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז RUT2, RUT4 ו-RUT3 והנמוך ביותר בנקודות העמוקות יחסית RUT13, RUT14 ו-RUT6 וגם בנקודה הרדודה RUT1 (טבלה 2.26 א). כאמור, לא נמצא מתאם בין עושר הטקסונים למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז או עומק הנקודות. בראייה רב-שנתית, בדומה למספר הפרטים החריג באביב 2021, גם עושר הטקסונים היה נמוך מאוד וחריג בהתפלגות בין נקודות הדיגום. בנקודות הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז עושר הטקסונים היה הגבוה ביותר ובנקודות העמוקות והרחוקות עושר הטקסונים היה נמוך. מגוון המינים באביב 2021 היה הגבוה ביותר בנקודה RUT2 והנמוך ביותר בנקודה RUT14. תוצאות אלו מבטאות בצורה הטובה ביותר את ההיפוך שהתרחש בחברת חי תוך המצע באזור הניטור, כאשר מגוון המינים הוא הגבוה ביותר בקרבת מוצאי מי הקירור ומי הרכז והנמוך ביותר בנקודת הביקורת, הרחוקה ביותר מהמוצאים. לא נמצא מתאם בין מגוון המינים למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז או לעומק הנקודות (טבלה 2.26 ב). בגלל התוצאות החריגות של עושר ומגוון המינים בדיגום אביב 2021, נערכה השוואה סטטיסטית של מדדים אלה בחמש שנות הניטור האחרונות. מבחן (Pair-Wise) Permanova (Test) מצא הבדלים מובהקים בעושר ומגוון המינים בין ניטור אביב 2021 לבין כל שנות הניטור מאז 2015 (טבלה 2.26 ג). מבחן זה בוצע גם על עושר ומגוון המינים בסתיו אך לא נמצאו הבדלים במדדים אלה בין שנות הניטור, למעט הבדלים מובהקים בעושר המינים, בין ניטור סתיו 2017 לבין השנים 2015 ו-2019. מדד השיוויוניות היה הנמוך ביותר בנקודות RUT4 ו-RUT11, בעיקר בגלל שכיחות גבוהה

ביותר של נמטודה, וב- RUT10 בגלל שכיחות נמוכה של פרטים מכל יתר הקבוצות. מדד השיויוניות הגבוה ביותר היה בנקודה RUT8N בגלל שכיחות נמוכה מאוד של נמטודה, בנקודות RUT3 ו- RUT1 בגלל שכיחות גבוהה יחסית של פרטים מקבוצות שונות ונקודה RUT14 בה הסיבה היא גם מיעוט בנמטודה (טבלה 2.26 א). לא נמצא מתאם בין מדד השיויוניות למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז או לעומק הנקודות (טבלה 2.26 ב). בדיגום הסתיו, מספר הפרטים הכללי היה הגבוה ביותר בנקודות RUT8N בגלל ריבוי בסרטנים, בעיקר מסדרת Harpacticoida, ו- RUT11 בגלל ריבוי פרטים של נמטודה והנמוך ביותר בנקודות RUT1, RUT2, ו- RUT4 הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז (טבלה 2.26 א). לא נמצא מתאם בין מספר הפרטים הכולל לבין המרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכז, אך נמצא מתאם חיובי לעומק הנקודות (טבלה 2.26 ב). ללא הנמטודה נמצא מתאם חיובי לעומק הנקודות אך לא נמצא מתאם בין מספר הפרטים ללא נמטודה למרחק הנקודות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז. עושר הטקסונים ומגוון המינים היו הנמוכים ביותר בנקודות הקרובות מדרום למוצאי מי הקירור ומי הרכז RUT1, RUT2, ו- RUT4 והגבוהים ביותר בנקודות העמוקות מצפון ודרום-מערב למוצאי מי הקירור ומי הרכז RUT6, RUT7N, RUT8N, ו- RUT13 (טבלה 2.26 א). בנקודות הביקורת RUT10 ו- RUT14 מגוון המינים היה גבוה במעט מהנקודות RUT3, RUT5, RUT11, ו- RUT12, שמרחקן ממוצאי מי הקירור ומי הרכז 0.25-0.77 ק"מ. נמצא מתאם חיובי חזק בין עושר הטקסונים ומגוון המינים לעומק הנקודות ולא נמצא מתאם למרחק הנקודות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז (טבלה 2.26 ב). מדד השיויוניות היה הגבוה ביותר בנקודות RUT1 בגלל מיעוט פרטים של נמטודה ו- RUT2 בגלל מיעוט פרטים של נמטודה וריבוי פרטים של תולעי חוטם. בנקודות הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז מדרום (עד 0.77 ק"מ) מדד השיויוניות היה נמוך בעיקר בגלל ריבוי נמטודה (למעט RUT4 בה לא היו הרבה פרטים של נמטודה אך מספר הפרטים מהקבוצות האחרות היה קטן ביותר). בנקודות העמוקות מצפון ודרום-מערב למוצאי מי הקירור ומי הרכז ובנקודות הביקורת מדד השיויוניות היה גבוה יחסית בגלל ריבוי פרטים מקבוצות החי הראשיות. לא נמצא מתאם בין מדד השיויוניות למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז או לעומק הנקודות (טבלה 2.26 ב).

באופן כללי, באביב ניתן לחלק את נקודות הדיגום ע"פ מאפייני המאסף הכלליים לשלוש קבוצות. הראשונה כוללת את הנקודות RUT14, המרוחקת ממוצאי מי הקירור ומי הרכז, RUT13 ו- RUT1 הקרובות למוצאים, שבהן עושר הטקסונים קטן מ- 10, מגוון המינים קטן מ- 1.5 ומדד השיויוניות גבוה יחסית, 0.3-0.4, בעיקר בגלל מיעוט פרטים של נמטודה. הקבוצה השנייה כוללת את נקודה RUT6, הקרובה למוצאי מי הקירור ומי הרכז ואת נקודות RUT5, RUT11, RUT12, ו- RUT7N, בהן עושר הטקסונים 10-12, מגוון המינים 1.6-2.0 ומדד השיויוניות 0.1-0.28. הקבוצה השלישית כוללת את נקודה RUT10 ונקודות RUT3 ו- RUT4, בהן עושר המינים 13-15 ומגוון המינים 2.2. שתי הנקודות יוצאות הדופן מבחינת מאפייני המאסף הכלליים הן RUT8N העמוקה והמרוחקת ממוצאי מי הקירור ומי הרכז, בה עושר המינים היה 12 בלבד אבל מגוון המינים היה גבוה יחסית וגם מדד השיויוניות היה גבוה בגלל מיעוט כללי בפרטים, בעיקר נמטודה; ונקודה RUT2, הרדודה והקרובה למוצאי מי הקירור ומי הרכז, בה היו המדדים הגבוהים ביותר בניטור: עושר המינים היה 20 ומגוון המינים 3.2; מדד

השינויוניות בנקודה זו היה 0.2 בגלל שכיחות גבוהה של נמטודה (טבלה 2.26 א). כאמור, תוצאות אלו שונות מאוד מתוצאות דיגומי האביב בשנים קודמות. ייתכן שהשינוי הדרמטי בנקודות RUT2 ו-RUT4 קשור להשבתת יחידה 3 של תחנת הכח רוטנברג במרץ 2021. בעקבות הפסקת הזרימה במוצא של יחידה זו נוצר שינוי במבנה החוף והתעלה שזרמי מי הקירור החמים חפרו בדרכם לים הפכה לתלולית חול המפרידה בין המוצא לים. נקודה RUT2, הממוקמת מול מוצא זה, לא השתנתה בצורה ניכרת מבחינת העומק או הרכב הסדימנט. לעומת זאת, בנקודה RUT4 ניכרים שינויים: העומק גדל ב-1.2 מ' ביחס לעומק הממוצע בחמש השנים האחרונות והרכב הסדימנט השתנה באופן ניכר. אחוז מקטע גודל גרגר 250-500 מיקרומטר גדל מאוד והיווה 50% (טבלה 2.23). שינויים אלה מצביעים על כך שנוצר באזור זרם שהעמיק את הנקודה והסיע ממנה את החול הדק, ויכולים להסביר באופן חלקי את מדד השינויוניות הנמוך, את השכיחות הגבוהה של הנמטודה ואת מיעוט הפרטים מיתר הקבוצות. ייתכן שהשבתת יחידת הייצור והפסקת הזרימה במוצא שלה הם גם הסיבה לעושר ומגוון המינים הגבוהים בשתי הנקודות (בעיקר RUT2), שכאמור בכל שנות הניטור הם הנמוכים ביותר. תוצאות אלו מצביעות על השינויים המהירים היכולים להתחולל בחברת חי תוך המצע ועל יכולת התאוששות מהירה עם שינוי בתנאים. קשה יותר להסביר את התוצאות בנקודות RUT14, RUT10 ו-RUT8N העמוקות (למעט RUT10) והרחוקות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז בהן מדדי המאסף הכלליים באביב 2021 היו חריגים בכיוון השלילי. לעומת זאת, המאפיינים הכלליים של משתני המאסף בסתיו 2021 משקפים את שכיחות ותפוצת חברת חי תוך המצע בחמש שנות הניטור האחרונות. מדדי המאסף היו הנמוכים ביותר בנקודות הדיגום הקרובות מדרום למוצאי מי הקירור ומי הרכז והגבוהים ביותר בנקודות העמוקות. בדיגום הסתיו ניכרת השפעה חזקה מאוד של עומק נקודות הדיגום על הרכב חברת חי תוך המצע ובמקביל נמצא מתאם חלש מאוד בין הרכב החברה למיקום הנקודות ביחס למוצאי מי הקירור ומי הרכז. כמו כן נראה שהשפעת זרמי המים החמים והמלוחים על חברת החי משמעותית יותר בכיוון דרום ואינה באה לידי ביטוי בנקודות הממוקמות מצפון למוצאי מי הקירור ומי הרכז. בנקודה RUT3 הממוקמת קרוב מאד מצפון למוצאים, משתני המאסף קרובים מאוד למשתנים בנקודות הביקורת, ובנקודות RUT6 ו-RUT13, הרחוקות יותר מצפון למוצאים, משתני המאסף גבוהים בהרבה מאשר בנקודות הביקורת.

באופן כללי, על סמך משתני המאסף הכלליים, ניתן לקבוע שבאביב 2021 לא הייתה למי הקירור של תחנות הכח ומי הרכז של מתקני ההתפלה השפעה שלילית על הרכב אוכלוסיית חי תוך המצע בנקודות הדיגום. בסתיו, זרמי המים החמים והמלוחים השפיעו על הרכב חברת חי תוך המצע בקרבת מוצאי מי הקירור ומי הרכז לכיוון דרום מערב ונקודות הדיגום שמצפון למוצאים הושפעו פחות מהמים החמים והמלוחים.

טבלה 2.26 א: מאפיינים כלליים של משתני מאסף החי בתוך המצע בניטור 2021 באביב ובסתיו: מספר הפרטים הכולל (בשלוש החזרות) בכל נקודת דיגום (Abundance) N, עושר טקסונים (Richness) S, מגוון המינים d (Diversity) ע"פ Margalef  $[d = (S-1)/\ln N]$  ומדד השייוויוניות (Evenness) J' ע"פ Pielou.

| נקודת דיגום | S    |      | N    |      | d    |      | J'   |      | עומק (מ') | מרחק מהמוצאים (מ') |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|--------------------|
|             | אביב | סתיו | אביב | סתיו | אביב | סתיו | אביב | סתיו |           |                    |
| RUT 1       | 9    | 4    | 939  | 246  | 1.39 | 0.54 | 0.35 | 0.40 | 0.89      | 80                 |
| RUT 2       | 20   | 7    | 1202 | 601  | 3.17 | 0.94 | 0.20 | 0.42 | 1.68      | 280                |
| RUT 3       | 14   | 10   | 1070 | 977  | 2.21 | 1.31 | 0.40 | 0.09 | 2.55      | 250                |
| RUT 4       | 15   | 7    | 1935 | 504  | 2.16 | 0.96 | 0.06 | 0.07 | 4.04      | 350                |
| RUT 5       | 11   | 9    | 1614 | 1169 | 1.59 | 1.13 | 0.21 | 0.05 | 3.04      | 770                |
| RUT 6       | 10   | 17   | 700  | 925  | 1.65 | 2.34 | 0.28 | 0.12 | 6.06      | 470                |
| RUT 7N      | 12   | 19   | 756  | 1118 | 1.99 | 2.56 | 0.22 | 0.16 | 6.09      | 890                |
| RUT 8N      | 12   | 23   | 273  | 1477 | 2.44 | 3.01 | 0.41 | 0.30 | 8.64      | 1000               |
| RUT 10      | 13   | 12   | 786  | 847  | 2.16 | 1.63 | 0.15 | 0.17 | 3.16      | 2295               |
| RUT 11      | 12   | 10   | 2604 | 1469 | 1.63 | 1.23 | 0.10 | 0.06 | 2.57      | 500                |
| RUT 12      | 12   | 10   | 1523 | 966  | 1.77 | 1.31 | 0.20 | 0.06 | 3.36      | 530                |
| RUT 13      | 8    | 18   | 464  | 1100 | 1.39 | 2.43 | 0.30 | 0.14 | 4.17      | 520                |
| RUT 14      | 8    | 12   | 508  | 1203 | 1.36 | 1.55 | 0.40 | 0.25 | 4.71      | 2490               |

טבלה 2.26 ב: הקשר (ערכי  $R^2$ ) בין המאפיינים הכלליים של משתני מאסף החי בתוך המצע לעומק של נקודות הדיגום והמרחק שלהן ממוצאי מי הקירור ומי הרכז באביב ובסתיו 2021 (קשר מובהק בכתב מודגש).

| מדד | מרחק מהמוצאים |       | עומק  |             |
|-----|---------------|-------|-------|-------------|
|     | אביב          | סתיו  | אביב  | סתיו        |
| N   | 0.14          | 0.11  | 0.25  | <b>0.35</b> |
| S   | 0.07          | 0.06  | 0.06  | <b>0.88</b> |
| d   | 0.02          | 0.06  | 0.001 | <b>0.88</b> |
| J'  | 0.015         | 0.001 | 0.08  | 0.001       |

טבלה 2.26 ג: תוצאות מבחן Permanova (Pair-wise Test) אשר משווה את עושר הטקסונים (S) ומגוון מינים (d) בדיגומי האביב בחמש שנות הניטור האחרונות (2015-2021, ללא 2018 ו-2020). (כתב מודגש  $p \text{ value} < 0.05$ ).

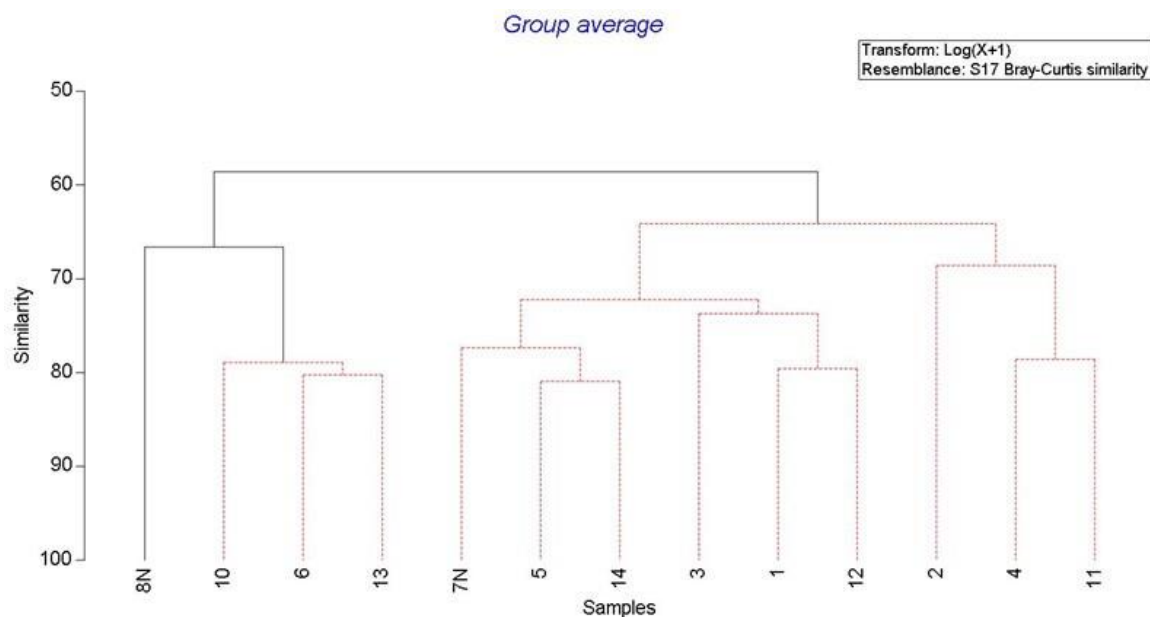
|      | 2016 |      | 2017 |      | 2019 |      | 2021          |              |
|------|------|------|------|------|------|------|---------------|--------------|
|      | S    | d    | S    | d    | S    | d    | S             | d            |
| 2015 | 0.40 | 0.32 | 0.95 | 0.88 | 0.29 | 0.64 | <b>0.02</b>   | <b>0.01</b>  |
|      | 2016 |      | 0.46 | 0.40 | 0.90 | 0.15 | <b>0.0002</b> | <b>0.001</b> |
|      |      |      | 2017 |      | 0.34 | 0.57 | <b>0.01</b>   | <b>0.01</b>  |
|      |      |      |      |      |      |      |               |              |
|      |      |      |      |      | 2019 |      | <b>0.001</b>  | <b>0.03</b>  |

## ניתוח מדדים רב-משתנים

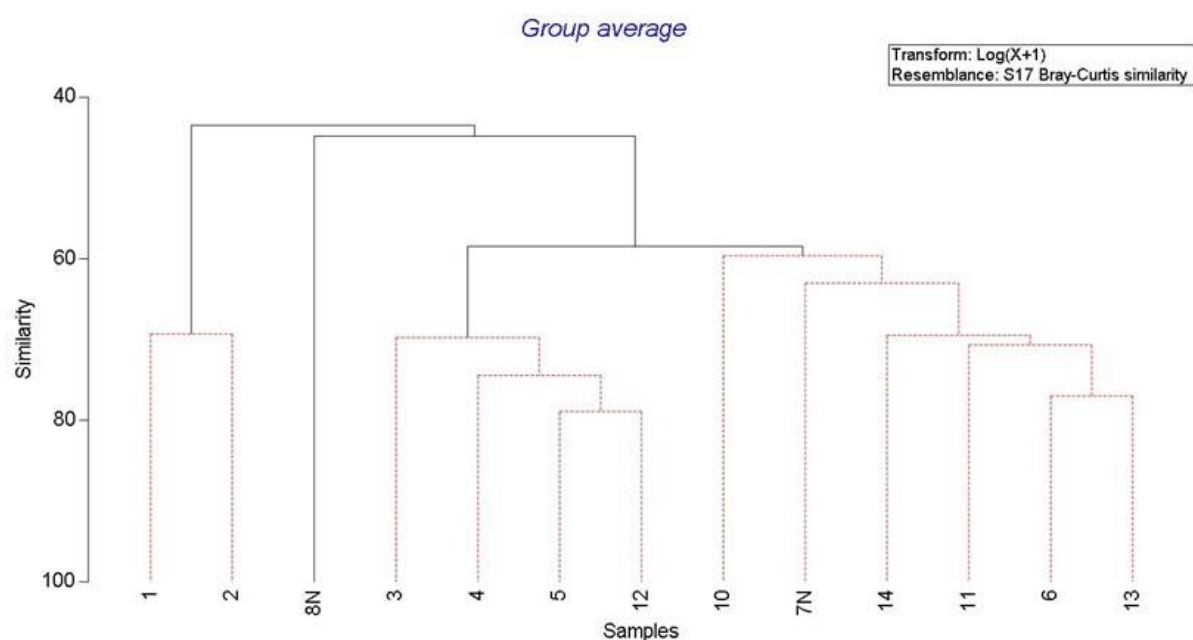
תוצאות Cluster analysis וסילום רב-מימדי (nMDS) של נתוני דיגום אביב וסתיו 2021 מוצגות באיורים 2.45 א-ב. החלוקה של הנתונים לפי מקבצים (Cluster Analysis) הפרידה את נקודות הדיגום באביב לשני מקבצים ובנוסף הנקודה העמוקה ביותר RUT8N (8.8 מ'), שנבדלה משניהם בגלל מיעוט במספר הפרטים בכלל ובנמטודה בפרט (איור 2.45 א). המקבץ הראשון, בעל דמיון של 59% למקבץ השני ו- 67% לנקודה RUT8N, כולל את נקודות הדיגום RUT6, RUT10 ו-RUT13, שהתאפיינו בשכיחות גבוהה יחסית של Nephtyidae, בשכיחות נמוכה של נמטודה ובהעדר אקוולה. המקבץ השני נחלק לשני תתי מקבצים הדומים ב- 65%: אחד אשר כולל את נקודות RUT2, RUT4 ו-RUT11, הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז מדרום (עד למרחק של 0.5 ק"מ) שהיו בעלות עושר, מגוון מינים ומספר פרטים גבוה ביחס ליתר הנקודות; השני, שכולל את יתר הנקודות שהדמיון ביניהן לפחות 74%. החלוקה שנוצרה בניתוח nMDS כמעט זהה (איור 2.46 א). מבחן Permanova (Pair-Wise Test), שבחן את השפעת הגורמים הסביבתיים, המיוצגים ע"י העומק של נקודות הדיגום והמרחק ממוצאי מי הקירור ומי הרכז על הדמיון הביולוגי בין נקודות הדיגום, מצא הבדלים מובהקים בהרכב חברת החי בין הנקודות הרדודות לעמוקות ובין הקרובות למוצאים לרחוקות מאוד מהם (טבלה 2.27). מודגש שכאמור, בניגוד לשנים קודמות, בהן ההבדל היה בין נקודות קרובות למוצאים ורדודות שבהן חברת חי תוך המצע דלה לבין נקודות רחוקות מהמוצאים ועמוקות שבהן חברת החי בריאה ועשירה, המצב בדיגום אביב 2021 היה הפוך. בסתיו החלוקה של הנתונים לפי מקבצים הפרידה את נקודות הדיגום לארבעה מקבצים (איור 2.45 ב). הראשון, בעל דמיון של 43% ליתר הנקודות, מורכב רק מנקודות RUT1 ו-RUT2 בגלל מיעוט פרטים מהקבוצות הראשיות ושכיחות גבוהה של תולעי חוטם (במקרה של RUT2 גם שכיחות גבוהה של תולעים רב-זיפיות). המקבץ השני, בעל דמיון של 44% ליתר המקבצים, כולל רק את נקודה RUT8N העמוקה, המאופיינת בשכיחות נמוכה יחסית של נמטודה ושכיחות גבוהה מאוד של סרטנים, בעיקר מתת-מחלקת שטרגליים. המקבץ השלישי, בעל דמיון של 58% למקבץ הנותר, כולל את נקודות RUT3, RUT4, RUT5 ו-RUT12, הממוקמות מדרום מערב למוצאי מי הקירור ומי הרכז (למעט נקודה RUT3, הממוקמת מצפון למוצאים), עד מרחק של 0.77 ק"מ, בעומקים של 2.5 – 3 מ'. בנקודות אלו שכיחות הפרטים מהקבוצות הראשיות ללא נמטודה הייתה נמוכה יחסית ושכיחות הנמטודה בינונית. המקבץ הרביעי כולל את הנקודות RUT6 ו-RUT13 (הממוקמות עד 0.5 ק"מ צפונית למוצאי מי הקירור ומי הרכז), נקודה RUT7N (0.89 ק"מ דרומית-מערבית למוצאים), נקודות הביקורת RUT10 ו-RUT14 (יותר מ- 2 ק"מ מדרום למוצאים) והנקודה RUT11 (0.5 ק"מ מהמוצאים בכיוון דרום), כולן בעומק 4.5-6.2 מ', למעט RUT11 ו-RUT10 בעומקים של 2.5 ו- 3 מ', בהתאמה. מקבץ זה מאופיין בעושר טקסוני, מגוון מינים ומספר פרטים כללי גבוה (איור 2.45 ב). מבחן nMDS פיזר את נקודות הדיגום במרחב הדו מימדי באופן דומה, למעט נקודה RUT11, שקרובה יותר לנקודות RUT3 ו-RUT12 מאשר לנקודות RUT6 ו-RUT13 (איור 2.46 ב). מבחן Permanova (Pair-Wise Test) בסתיו הפריד בצורה מובהקת בין שלוש קטגוריות העומק ובין הנקודות הקרובות ביותר למוצאי מי הקירור ומי הרכז לבין הנקודות הרחוקות ביותר מהמוצאים (טבלה 2.27).

ע"פ הניתוח הסטטיסטי ניתן לקבוע שבאביב ובסתיו 2021 זרמי המים החמים והמלוחים השפיעו באופן מובהק על אוכלוסיית החי בתוך המצע לכל היותר עד מרחק של 0.25 ק"מ בכיוון צפון-מערב ו- 0.35 ק"מ בכיוון דרום-מערב ממוצאי מי הקירור ומי הרכז.

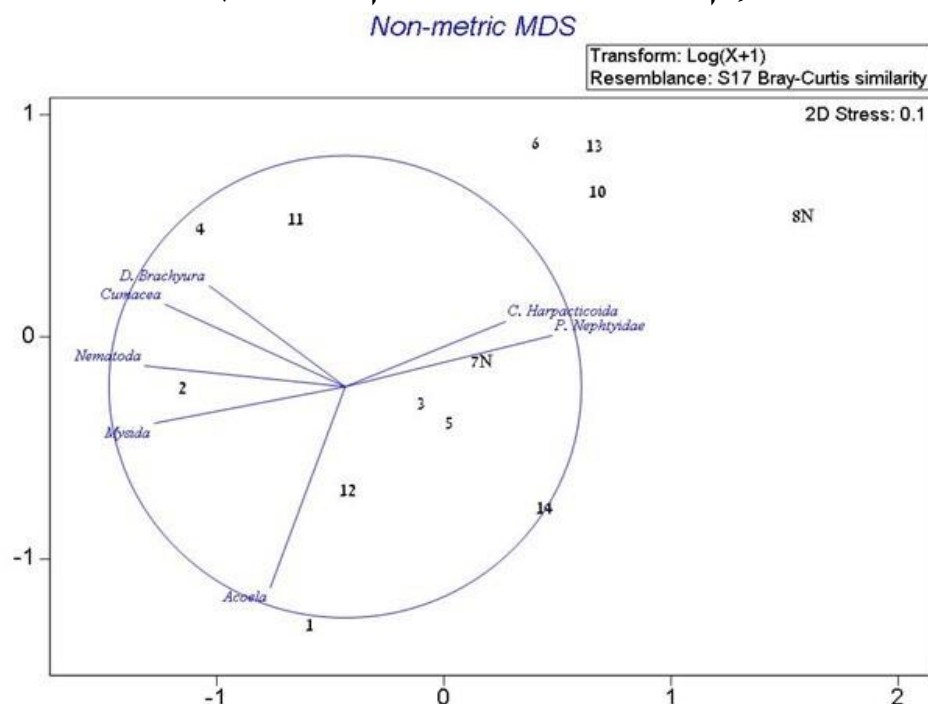
**איור 2.45 א: ניתוח מקבצים (Cluster analysis) של מאסף החי בתוך המצע (ממוצע של שלוש החזרות) באזור הניטור בדיגום אביב 2021 (נקודות הדיגום רשומות ללא הקידומת RUT).**



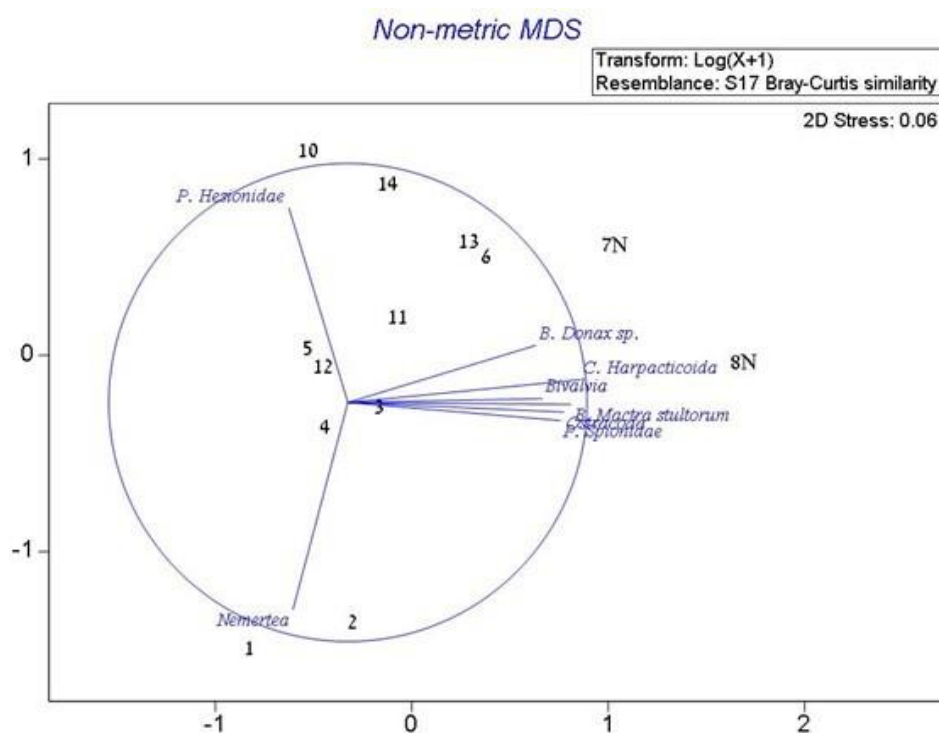
**איור 2.45 ב: ניתוח מקבצים (Cluster analysis) של מאסף החי בתוך המצע (ממוצע של שלוש החזרות) באזור הניטור בדיגום סתיו 2021 (נקודות הדיגום רשומות ללא הקידומת RUT).**



איור 2.46 א: סילום רב ממדי (nMDS) של מאסף החי בתוך המצע (ממוצע של שלוש החזרות) באזור הניטור בדיגום אביב 2021 (נקודות הדיגום רשומות ללא הקידומת RUT).<sup>20</sup>



איור 2.46 ב: סילום רב ממדי (nMDS) של מאסף החי בתוך המצע (ממוצע של שלוש החזרות) באזור הניטור בדיגום סתיו 2021 (נקודות הדיגום רשומות ללא הקידומת RUT).<sup>21</sup>



<sup>20</sup> באיור רשומים רק הטקסונים בעלי ערך  $R^2 > 0.7$  כדי להקל על קריאת הנתונים.

<sup>21</sup> באיור רשומים רק הטקסונים בעלי ערך  $R^2 > 0.8$  כדי להקל על קריאת הנתונים.

טבלה 2.27: תוצאות מבחן Permanova (Pair-wise Test) של נתוני החי בתוך המצע (ממוצע של שלוש החזרות) בדיגומי אביב וסתיו 2021, אשר משווה באופן קטגוריאלני בין נקודות הדיגום, על פי העומק והמרחק שלהן ממוצאי מי הקירור ומי הרכז (כתב מודגש  $p\text{-value} < 0.05$ ).

|       | sub factor    | value  | points               | groups   | p (perm)<br>אביב | p (perm)<br>סתיו |
|-------|---------------|--------|----------------------|----------|------------------|------------------|
| Depth | Shallow (sh)  | <2.5 m | 1, 2, 4,             | sh vs. m | 0.14             | 0.03             |
|       | Mid (m)       | <4.5 m | 3, 5, 10, 11, 12, 13 | sh vs. d | 0.03             | 0.02             |
|       | Deep (d)      | >4.6 m | 6, 7N, 8N, 14        | m vs. d  | 0.51             | 0.02             |
| Dist. | Near (n)      | <350 m | 1, 2, 3, 4           | n vs. vf | 0.03             | 0.05             |
|       | Far (f)       | <700 m | 6, 11, 12, 13        | n vs. f  | 0.31             | 0.19             |
|       | Very Far (vf) | >710 m | 5, 7N, 8N, 10N, 14   | f vs. vf | 0.26             | 0.29             |

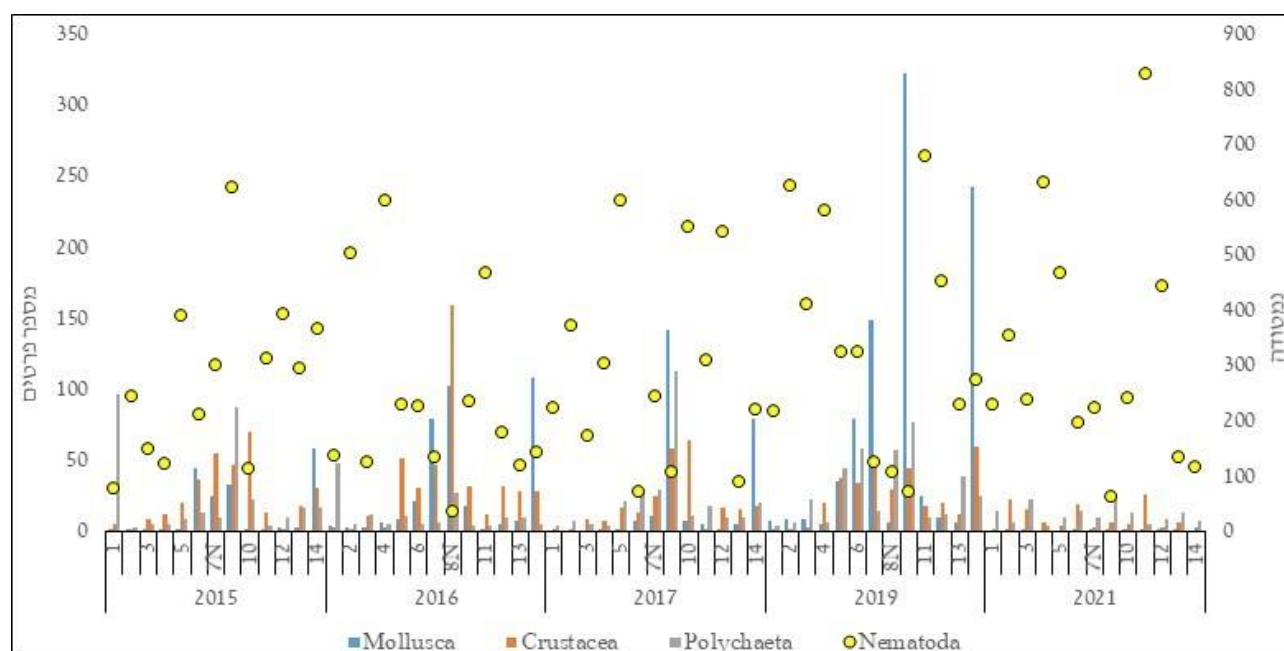
### השוואה רב-שנתית

איורים 2.47 א' ו- 2.47 ב' מציגים את הופעת הקבוצות הראשיות של חי תוך המצע (ממוצעים של 3 חזרות) באזור הניטור באביב ובסתיו בשנים 2015 עד 2021 (למעט השנים 2018 ו-2020, בהן לא התבצע ניטור של חי תוך המצע). איורים 2.48 א' ו- 2.48 ב' מציגים את השכיחות הממוצעת וסטיית התקן של קבוצות החי הראשיות בשנות הדיגום, בשתי העונות. בשנים קודמות ניתן היה לראות כי באופן כללי, על אף שברור שקיימת שונות רב שנתית ניכרת במאסף החי בתוך המצע, שכיחות הקבוצות השונות של חי תוך המצע מושפעת יותר מהמיקום במרחב מאשר מגורם הזמן. למרות זאת, ניתוח הנתונים בניטור האביב מצביע על הבדלים מובהקים בין שנת 2021 ליתר השנים. כמו כן, בניגוד לעונת האביב בה לא נמצאו כמעט הבדלים מובהקים בהרכב חברת חי תוך המצע בין שנות הניטור למעט בשנת 2021, בסתיו היו הבדלים מובהקים בין כל שנות הניטור (למעט 2016, שנמצאה שונה רק מ-2019). באביב 2021, למעט קבוצת הנמטודה ששכיחותה הייתה גבוהה אך דומה לשנים קודמות וגם התפלגות הפרטים בין נקודות הדיגום הייתה דומה, שלוש הקבוצות הראשיות של האורגניזמים, המרכיבות את חברת חי תוך המצע, היו שונות מאד מהשנים הקודמות כאמור לעיל. בנוסף, בחמש שנות הניטור האחרונות ניתן לראות מגמה של עליה בשכיחות הנמטודה וירידה בשכיחות מחלקת-על הסרטנאים (איור 2.48 א'). בניטור הסתיו מגמות אלה אינן ניכרות, דבר הממחיש את הדינמיות הרבה בהרכב חברת חי תוך המצע ואת ההשפעות העונתיות על הרכב החברה (איור 2.48 ב').

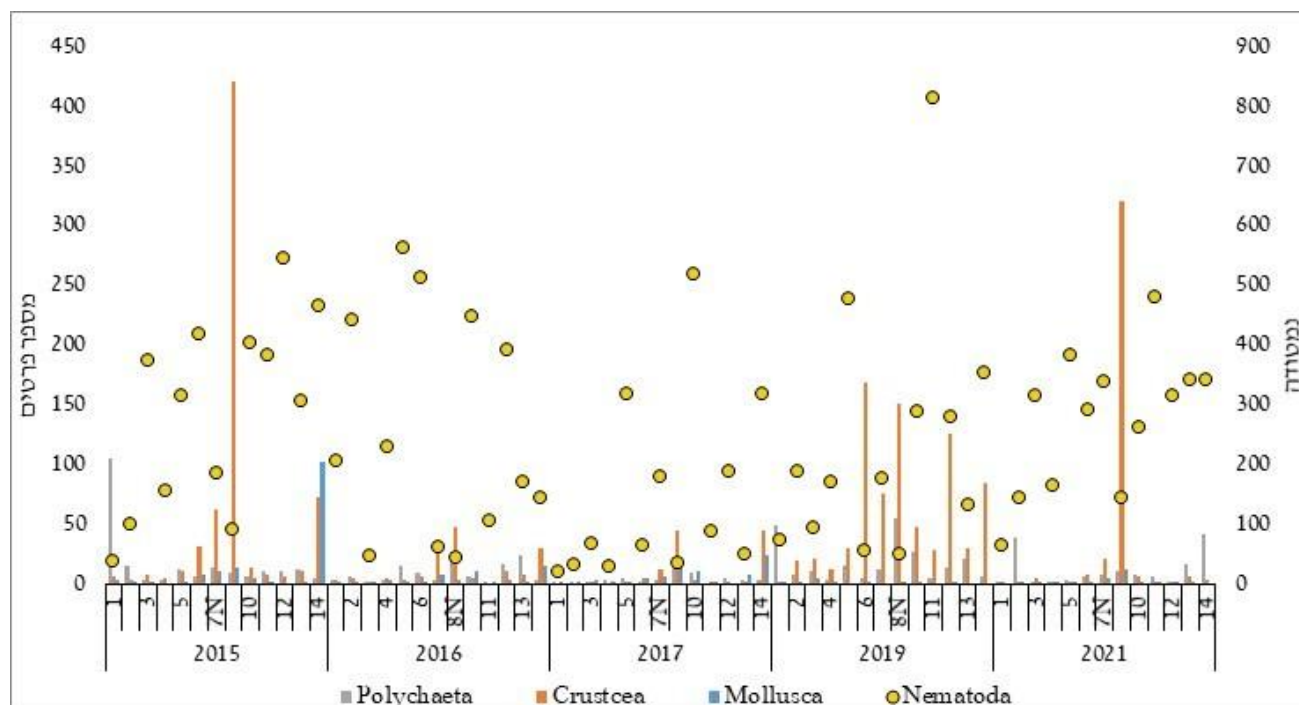
ניתוח Cluster analysis של הנתונים הרב שנתיים בעונת האביב חילק את נקודות הדיגום לשלושה מקבצים שונים (איור 2.49 א'). הראשון כולל את נקודה RUT1 (הקרובה ביותר למוצאי מי הקירור ומי הרכז) מהשנים 2015 ו-2016 ואת הנקודה RUT8N (המרוחקת קילומטר ממוצאי מי הקירור ומי הרכז) משנת 2021, בגלל ריבוי התולעים הרב זיפיות ומיעוט פרטים מקבוצות אחרות. רמת הדמיון לשני המקבצים האחרים היא 76%. המקבץ השני, שהדמיון בין מרכיביו לפחות 87%, כולל את הנקודות העמוקות והרחוקות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז RUT7N, RUT8N ו- RUT14, את נקודה RUT6 הקרובה למוצאים מצפון ואת RUT10 הרדודה והרחוקה מהמוצאים מכל שנות הניטור למעט 2021, את נקודות RUT3 ו- RUT13 משנת 2016, את נקודה RUT13 גם מהשנים 2017 ו-2019 ואת הנקודות RUT5, RUT11 ו- RUT12 מהשנים 2016 ו-2019 (RUT11 רק ב-2019). מקבץ זה מאופיין במשתני מאסף כלליים גבוהים יחסית וריבוי פרטים מהקבוצות הראשיות. אף נקודת דיגום משנת 2021 לא

כוללה במקבץ זה. המקבץ השלישי כולל את יתר הנקודות שהן כל נקודות הדיגום משנת 2021, כולל נקודות הביקורת (למעט RUT8N, שכאמור נמצאת במקבץ משל עצמה), ואת הנקודות הקרובות ביותר למוצאים: RUT1, RUT2, RUT3, RUT4 ו-RUT11 מכל השנים (למעט RUT1 מהשנים 2015 ו-2016 ו-RUT11 משנת 2019), ואת RUT5, RUT13 ו-RUT12 משנת 2015 (RUT12 גם משנת 2017). נקודות אלו מקיפות את מוצאי מי הקירור ומי הרכז עד למרחק של 0.5 ק"מ לכיוון צפון ועד 0.77 ק"מ לכיוון דרום-מערב. ניתן לראות שמרבית נקודות הדיגום משנת 2021 נמצאות בתת-מקבץ הדומה ליתר הנקודות ב- 84% לכל היותר וכולל גם את RUT1 משנת 2017 ו-RUT2 מהשנים 2015 ו-2017. מבחן nMDS הפריד בין הנקודות באופן דומה מאוד (איור 2.50 א). גם מבחן זה הפריד את נקודה RUT1 מהשנים 2015 ו-2016 ואת נקודה RUT8N משנת 2021 מיתר הנקודות, לכיוון התולעים הרב-זיפיות וקיבץ את הנקודות משנת 2021 בכיוון ההפוך משלוש הקבוצות הראשיות (תולעים רב-זיפיות, סרטנאים ורכיכות). מבחן Permanova (Pair-Wise Test) הפריד בצורה מובהקת בין כל הקבוצות שנבחנו, הן מבחינת העומק של נקודות הדיגום והן מבחינת המרחק שלהן ממוצאי מי הקירור ומי הרכז (טבלה 2.28). בעונת הסתיו, ניתוח Cluster analysis של הנתונים הרב שנתיים חילק את נקודות הדיגום לשלושה מקבצים שונים (איור 2.49 ב). הראשון, בעל דמיון של 64% למקבצים האחרים, כולל את הנקודות RUT1, RUT2, RUT3, RUT4, RUT6, RUT11 ו-RUT13 משנת 2017 ואת RUT3, RUT7N ו-RUT11 משנת 2016. מקבץ זה מאופיין במיעוט פרטים מהקבוצות הראשיות, כולל נמטודה. המקבץ השני, שדומה למקבץ האחרון ב- 74%, כלל את נקודה RUT8N מכל שנות הניטור, את RUT14 מהשנים 2015, 2016 ו-2017 ואת RUT6 ו-RUT7N מהשנים 2019 ו-2015. נקודות אלו מאופיינות בשכיחות גבוהה יחסית של פרטים מהקבוצות הראשיות ושכיחות נמוכה יחסית של נמטודה, בעיקר בגלל עומקן. כאמור, בנקודה RUT14 ההרכב הגרנולומטרי של הסדימנט השתנה בצורה ניכרת אחרי שנת 2017 ושינוי זה בהרכב הסדימנט ניכר גם בהרכב אוכלוסיית חי תוך המצע. המקבץ השלישי, שהדמיון בין מרכיביו לפחות 78%, כולל את יתר הנקודות מכלל השנים. מבחן nMDS הפריד בין הנקודות באופן דומה, אך נקודה RUT4 משנת 2021 קרובה יותר למקבץ הראשון במבחן זה (איור 2.50 ב). בדומה לעונת האביב, מבחן Permanova (Pair-Wise Test) הפריד בצורה מובהקת בין כל הקבוצות שנבחנו, הן מבחינת העומק של נקודות הדיגום והן מבחינת המרחק שלהן ממוצאי מי הקירור ומי הרכז (טבלה 2.28). תוצאות אלו מצביעות על כך שלמרות השונות הרב שנתית הגדולה במאסף החי בתוך המצע, בשתי עונות הדיגום, ההבדלים הניכרים הם בין נקודות דיגום בעומקים שונים ובין שלושת המעגלים של מרחק הנקודות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז.

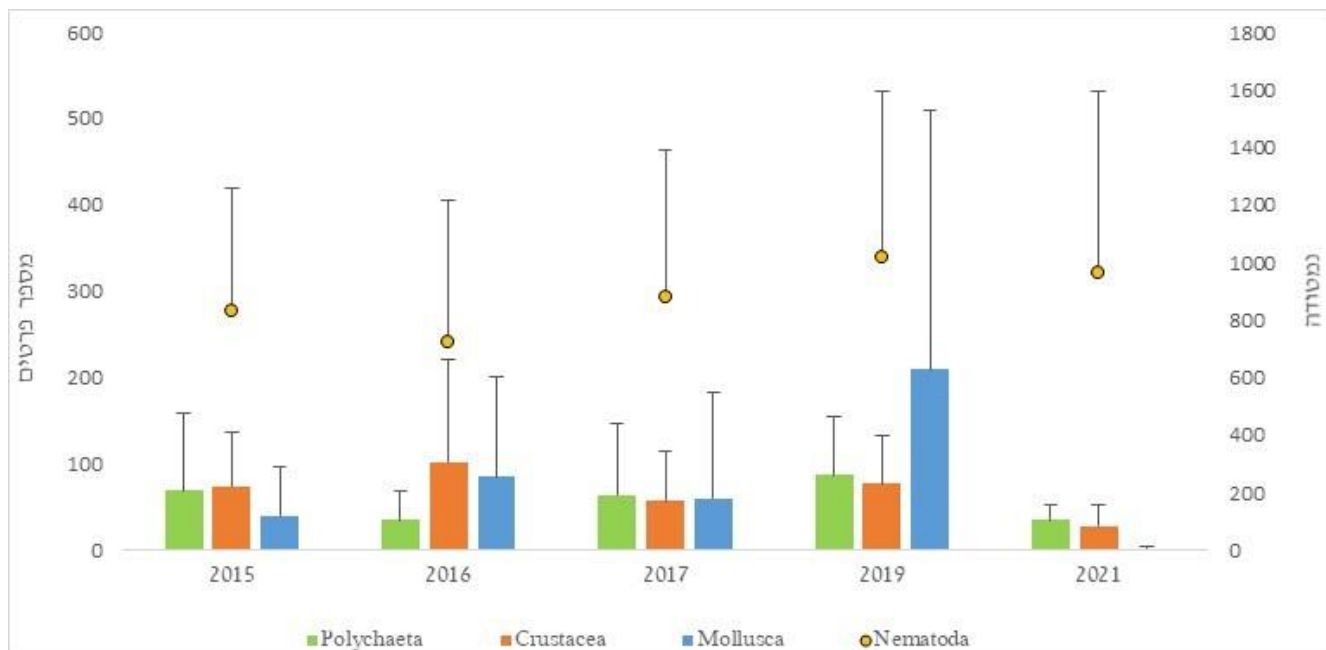
איור 2.47 א: הופעת הקבוצות הראשיות (ממוצע של שלוש החזרות) של החי בתוך המצע בשנים 2015-2021 באביב (לא כולל 2018 ו-2020).



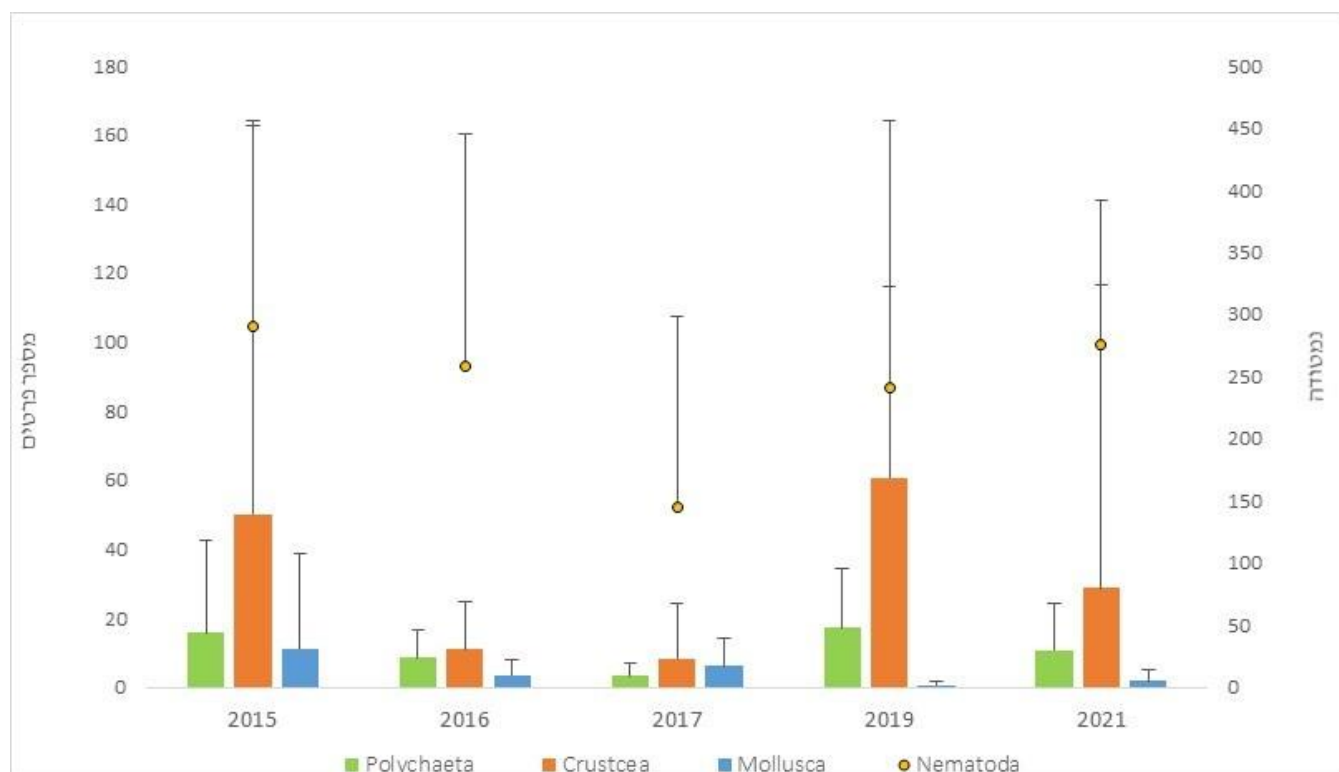
איור 2.47 ב: הופעת הקבוצות הראשיות (ממוצע של שלוש החזרות) של החי בתוך המצע בשנים 2015-2021 בסתיו (לא כולל 2018 ו-2020).



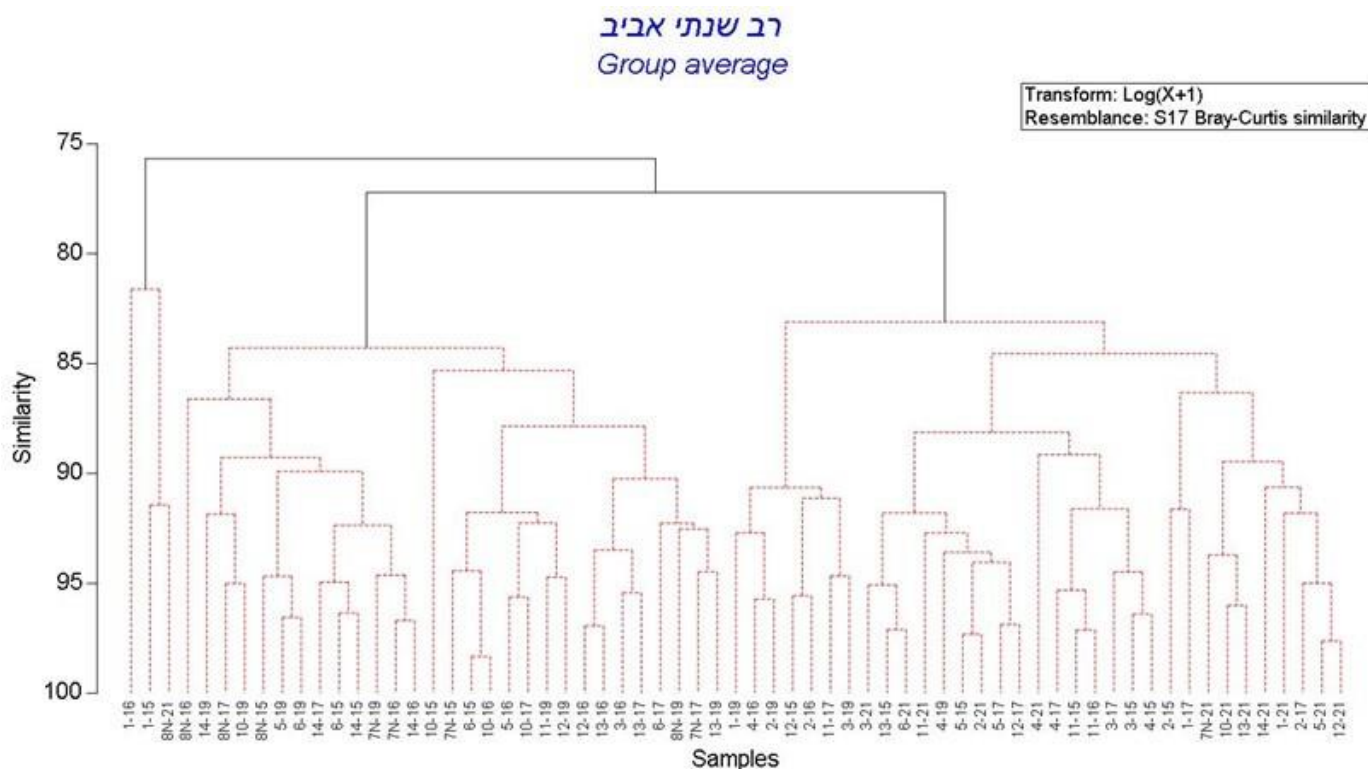
איור 2.48 א: שכיחות ממוצעת (ממוצע של כל הנקודות בשנת הדיגום) וסטיית התקן של קבוצות החי הראשיות בשנים 2015-2021 באביב (לא כולל 2018 ו-2020).



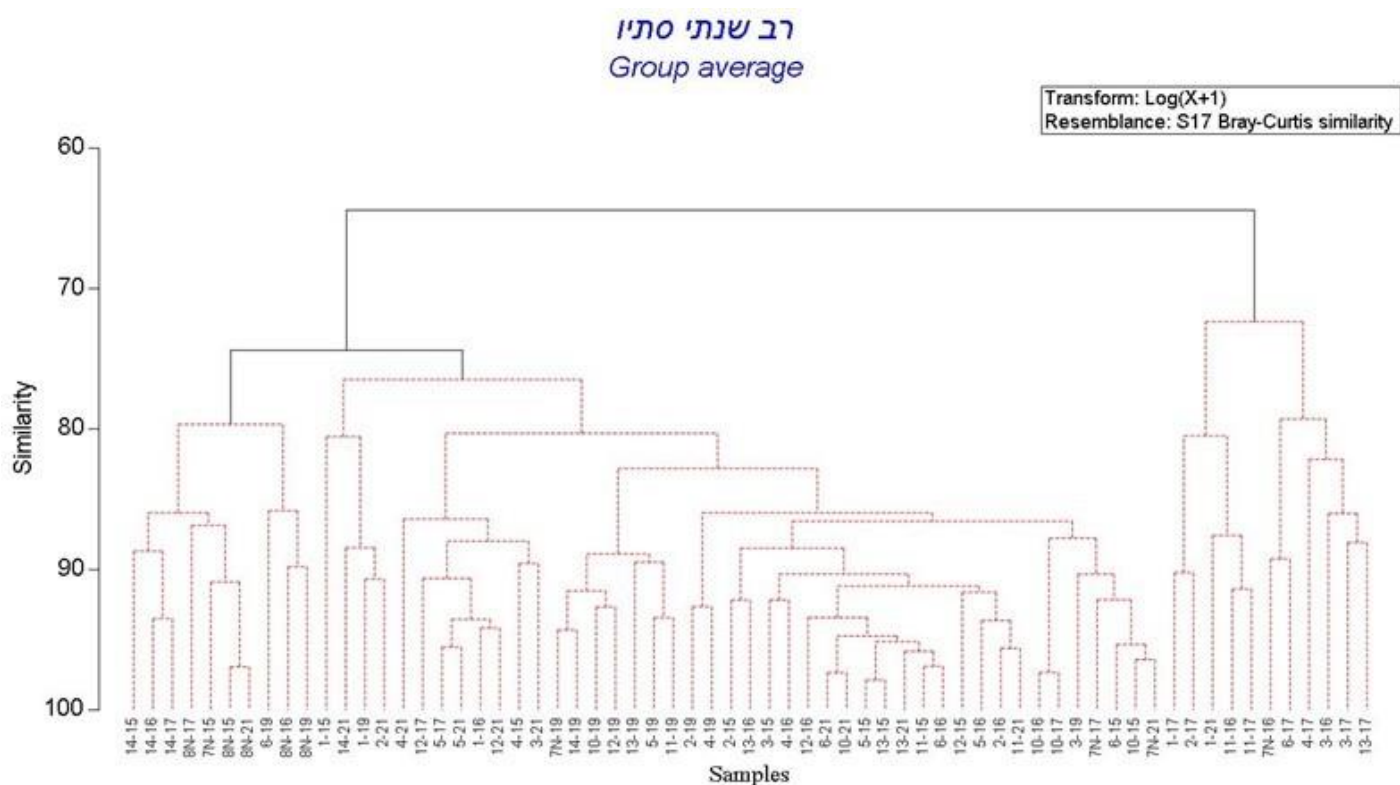
איור 2.48 ב: שכיחות ממוצעת (ממוצע של כל הנקודות בשנת הדיגום) וסטיית התקן של קבוצות החי הראשיות בשנים 2015-2021 בסתיו (לא כולל 2018 ו-2020).



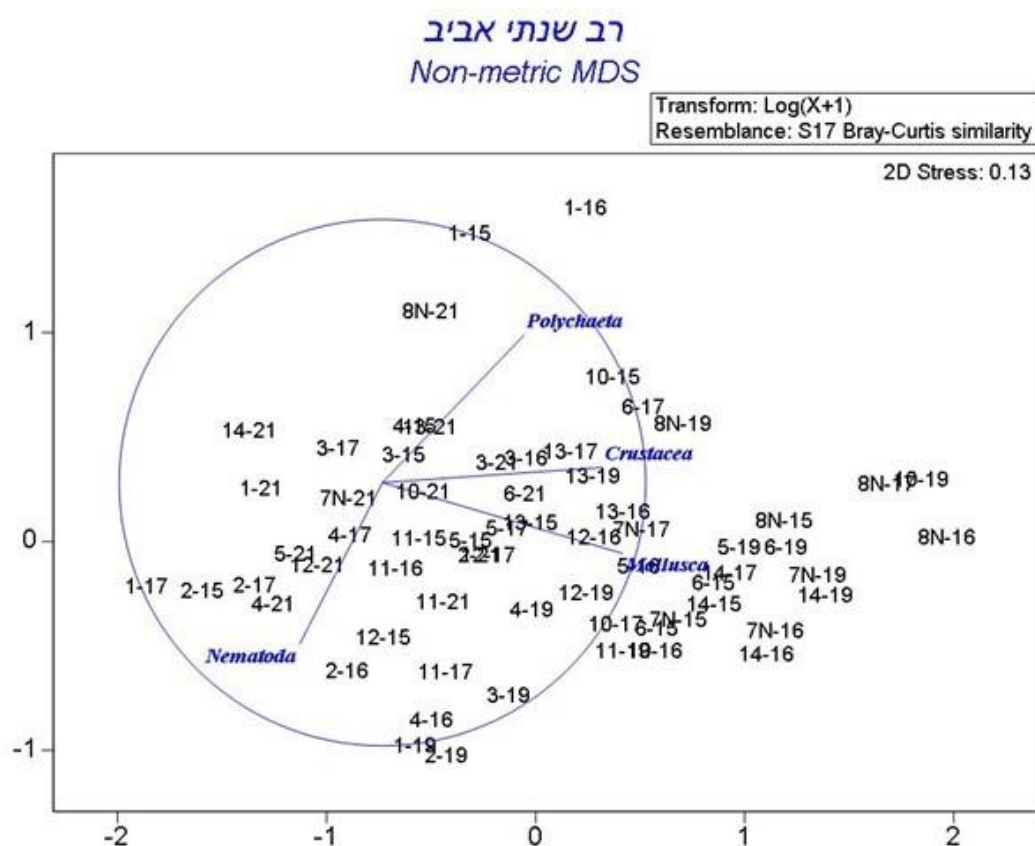
איור 2.49 א: ניתוח מקבצים (Cluster analysis) של קבוצות החי הראשיות (ממוצע של שלוש החזרות) בדיגומי האביב בשנים 2015-2021 (ציר X: שנת הדיגום-מספר נקודת הדיגום ללא קידומת RUT).



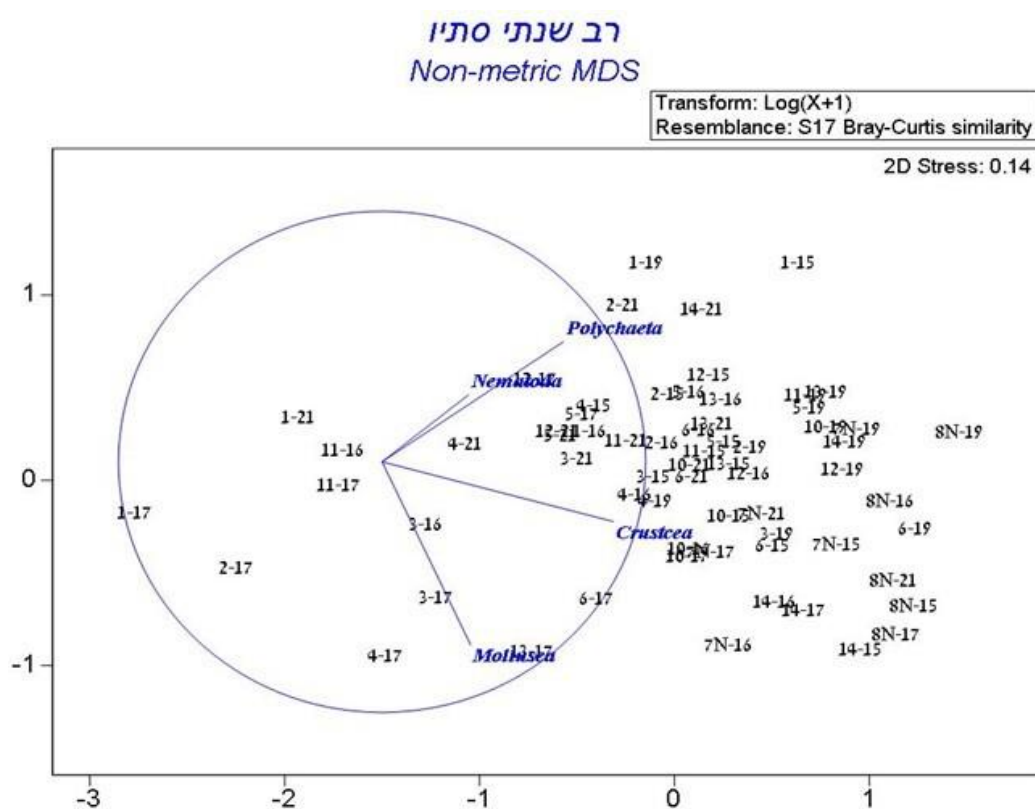
איור 2.49 ב: ניתוח מקבצים (Cluster analysis) של קבוצות החי הראשיות (ממוצע של שלוש החזרות) בדיגומי הסתיו בשנים 2015-2021. (ציר X: שנת הדיגום-מספר נקודת הדיגום ללא קידומת RUT).



איור 2.50 א: סילוס רב ממדי (nMDS) של קבוצות החי הראשיות (ממוצע של שלוש החזרות) בדיגומי האביב בשנים 2015-2021.



איור 2.50 ב: סילום רב ממדי (nMDS) של קבוצות החי הראשיות (ממוצע של שלוש החזרות) בדיגומי הסתיו בשנים 2015-2021.



טבלה 2.28: תוצאות מבחן Permanova (Pair-wise Test) של נתוני הקבוצות הראשיות של חי תוך המצע (ממוצע של שלוש החזרות) בדיגומי האביב והסתיו בשנים 2015-2021 אשר משווה באופן קטגוריאלי בין נקודות הדיגום, על פי העומק והמרחק שלהן ממוצאי מי הקירור ומי הרכז (כתב מודגש  $p \text{ value} < 0.05$ ).

| Factor | sub factor    | value  | points               | groups   | p (perm)<br>אביב | p (perm)<br>סתיו |
|--------|---------------|--------|----------------------|----------|------------------|------------------|
| Depth  | Shallow (sh)  | <2.5 m | 1, 2, 4,             | sh vs. m | 0.0005           | 0.01             |
|        | Mid (m)       | <4.5 m | 3, 5, 10, 11, 12, 13 | sh vs. d | 0.0001           | 0.0001           |
|        | Deep (d)      | >4.6 m | 6, 7N, 8N, 14        | m vs. d  | 0.0008           | 0.0001           |
| Dist.  | Near (n)      | <350 m | 1, 2, 3, 4           | n vs. vf | 0.0001           | 0.0001           |
|        | Far (f)       | <700 m | 6, 11, 12, 13        | n vs. f  | 0.0009           | 0.024            |
|        | Very Far (vf) | >710 m | 5, 7N, 8N, 10N, 14   | f vs. vf | 0.023            | 0.0056           |

### 3. סיכום

ניטור 2021 בוצע עפ"י תכנית הניטור העדכנית אשר אושרה ע"י היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית במשרד להגנת הסביבה.

#### איכות מי הים

- במועדי הניטור באביב 2021 פעלו רק 3 יחידות ייצור של תחנת הכח רוטנברג; במועדי הניטור בסתיו 2021 פעלו רק 2 יחידות ייצור. בשתי העונות, יחידות הייצור שפעלו ייצרו כ- 50%-70% מתפוקת החשמל המלאה. הטמפרטורות הגבוהות ביותר שנמדדו באזור הניטור ותוספות הטמפרטורה ביחס לטמפרטורות הרקע ( $\Delta T$ ) בימי מדידות CTD היו: באביב, בפני המים  $32.63^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 4.67$ ) ובסמוך לקרקעית  $33.37^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 5.41$ ); בסתיו, בפני המים  $28.29^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 3.79$ ) ובסמוך לקרקעית  $27.59^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 3.09$ ). בדיגומי החורף והקיץ, בהם בוצעו מדידות רק בנקודות RUT, הטמפרטורות הגבוהות ביותר היו  $23.93^\circ\text{C}$  ו-  $35.01^\circ\text{C}$ , בהתאמה.
- ביום מדידות CTD באביב פיזור פלומת מי הקירור היה בעיקר בכיוון צפון, עם שרידי פיזור לכיוון דרום-מערב. ערכי  $\Delta T$  של  $1^\circ\text{C}$  ו-  $2^\circ\text{C}$  הגיעו בפני המים עד כ- 3.3 ק"מ ו- 1.75 ק"מ מצפון למוצאי מי הקירור ומי הרכז, בהתאמה.<sup>22</sup> ערך  $\Delta T$  של  $3^\circ\text{C}$  נמצא רק בנקודה אחת במרחק של 1.1 ק"מ מצפון-מערב למוצאים. בסמוך לקרקעית, ערך  $\Delta T$  של  $1^\circ\text{C}$  הגיע עד כ- 1.65 ק"מ מצפון ו- 0.65 ק"מ מצפון-מערב למוצאים וערך  $\Delta T$  של  $2^\circ\text{C}$  הגיע עד כ- 0.3 ק"מ ממערב למוצאים.

<sup>22</sup> "מוצאי מי הקירור ומי הרכז" = המוצאים הסמוכים של מי הקירור של יחידות 1 ו- 4 של תחנת הכח רוטנברג, של מי הקירור של תחנת הכח של דוראד והתמלחת של מפעל אינטל ושל מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון כולל מי הרכז של מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים.

- ביום מדידות CTD בסתיו פלומת מי הקירור החמים השתרעה לכיוון מערב. בפני המים ערך  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  הגיע עד  $0.55$  ק"מ ממוצאי מי הקירור ומי הרכז כאשר עיקר הפלומה נמצא קרוב למוצאים, עד  $0.15$  ק"מ מהם. בסמוך לקרקעית ערך  $\Delta T$  של  $1^{\circ}\text{C}$  הגיע עד  $1.7$  ק"מ ממערב למוצאים ו-  $\Delta T$  של  $2^{\circ}\text{C}$  הגיע עד  $0.6$  ק"מ ממערב למוצאים.
- בהשוואה רב-שנתית של הטמפרטורות בנקודות RUT, נראה טווח טמפרטורות שונה בנקודות שונות בין השנים, אולם במרבית הנקודות יש דמיון בתפוצת הטמפרטורה בהתאם למיקום ביחס למוצאי מי הקירור. במרבית המקרים בתקופה 2013-2021, ערכי  $\Delta T$  המירביים נמדדו במרחק של עד  $0.5$  ק"מ מהמוצאים. ערכי  $\Delta T$  המירביים בפני המים ובסמוך לקרקעית בתקופה זו היו  $4.1^{\circ}\text{C}$ - $9.9^{\circ}\text{C}$  ו-  $2.0^{\circ}\text{C}$ - $5.3^{\circ}\text{C}$  במועדי מדידות CTD בעונות האביב והסתיו, בהתאמה, למעט בסתיו 2017 שהיה חריג עם ערכי  $\Delta T$  מירביים של  $9.5^{\circ}\text{C}$  בפני המים ו-  $8.5^{\circ}\text{C}$  בקרקעית. הסיבות להבדלי הטמפרטורה בין השנים בנקודות השונות הן הבדלים במספר יחידות הייצור הפועלות של תחנת הכח רוטנברג, ספיקות שונות של מי קירור, הבדלים באחוזי ייצור החשמל ביחידות הייצור, הבדלים בהיקף הפעילות של מתקן התפלה אשקלון, תנאים סביבתיים שונים (בעיקר כיוון ומהירות הרוח), מרחקים שונים של הנקודות ממוצאי מי הקירור ומיקום הנקודות ביחס לכיוון זרמי המוצא ומועדי דיגום שונים בטווח העונתי.
- בשנת 2021 ניטורי האביב והסתיו נערכו בתאריכים מאוחרים ביחס למרבית שנות הניטור. באביב, הטמפרטורה ברוב נקודות הניטור הייתה גבוהה מהממוצע הרב-שנתי אך לא הגבוהה ביותר שנמדדה (למעט בנקודה אחת בפני המים, בה הטמפרטורה הייתה גבוהה מכל הטמפרטורות שנמדדו בה עד אביב 2021). בסתיו, הטמפרטורה שנמדדה בכל נקודות הדיגום הייתה נמוכה מהממוצע הרב-שנתי, כאשר בכמה נקודות בפני המים הטמפרטורות היו הנמוכות ביותר שנמדדו בהן. בסמוך לקרקעית הטמפרטורות היו קרובות יותר לממוצע הרב-שנתי. תוצאות אלו תואמות את ההנחה לעיל שמועד הניטור בעונת הניטור הינו גורם משמעותי להבדלים בטמפרטורה של מי הים באותן נקודות בשנים שונות.
- עקב הערבוב של מי הרכז של מתקן ההתפלה עם מי הקירור החמים הנפלטים מתחנת הכח רוטנברג, כאשר כל או מרבית היחידות של תחנת הכח פועלות עם ספיקה מירבית של מי הקירור, מתקיים מתאם חיובי בין הטמפרטורה והמליחות של מי הים באזור הניטור ובד"כ התבנית המרחבית של המליחות באזור הניטור דומה לזו של הטמפרטורה. תפוצת המליחות הרגעית נקבעת ע"י ספיקת מי הרכז של מתקן ההתפלה וההשפעה המשולבת של הזרמת מי הקירור של תחנת הכח ושל התנאים הסביבתיים (כיווני ועוצמות הרוחות והזרמים הטבעיים באזור).
- בעת מדידות CTD באביב, פלומת המליחות הגבוהה השתרעה בפני המים בכיוון צפון ובסמוך לקרקעית בכיוון דרום וצפון והשטח של פלומת המליחות הגבוהה היה יותר גדול בפני המים מאשר בסמוך לקרקעית. המליחות הגבוהה ביותר בפני המים,  $40.85$ , נמדדה במרחק של כ-  $1.1$  ק"מ מצפון-מערב למוצאי מי הקירור ומי הרכז. תוספת המליחות יחסית לרקע הטבעי ( $\Delta S$ ) הייתה  $3.2\%$ . בסמוך לקרקעית המליחות הגבוהה ביותר ( $40.81$ ,  $\Delta S = 3.1\%$ ) נמדדה במרחק של  $0.35$  ק"מ ממערב למוצאים של מי הקירור ומי הרכז. בכל נקודות המדידה האחרות ערך  $\Delta S$  בסמוך לקרקעית היה פחות מ-  $2.5\%$ .

- בעת מדידות CTD בסתיו פלומת המליחות הגבוהה השתרעה בכיוון מערב והשטח של פלומת המליחות הגבוהה היה יותר גדול בסמוך לקרקעית מאשר בפני המים. הן בפני המים והן בסמוך לקרקעית המליחות הגבוהה ביותר נמדדה בסמוך למוצאי מי הקירור ומי הרכז ( $\Delta S = 5.0\%$ , 41.58, ו-41.49,  $\Delta S = 4.8\%$ , בהתאמה). השטח בסמוך לקרקעית שבו  $\Delta S > 2.5\%$  היה כ-0.67 ק"מ<sup>2</sup>.
- בכל שנות הניטור, מאז תחילת ההפעלה השוטפת של מתקן התפלה אשקלון בשנת 2006, לא נמדדו בסמוך לקרקעית ערכי  $\Delta S$  גבוהים מ-11%, למעט בשטחים מצומצמים בסתיו 2017 ( $\Delta S$  מקסימלי =12.8%) ובסתיו 2020 ( $\Delta S$  מקסימלי =12.7%). בעונות האביב והסתיו, בשנים 2013-2021, סה"כ השטח בסמוך לקרקעית שבו  $\Delta S > 5\%$  היה מצומצם, 0.4-0 ק"מ<sup>2</sup>; סה"כ השטח שבו  $\Delta S > 2.5\%$  היה בתחום 0-2.3 ק"מ<sup>2</sup>.
- בארבעת מועדי הניטור ב-2021: בחורף, באביב, בקיץ ובסתיו, בכל או כמעט בכל נקודות ועומקי הדיגום, החמצן המומס היה רווי ביתר, עם אחוזי רוויה אופייניים למים חופיים רדודים המושפעים מהגלים. בכמה דגימות באביב ובקיץ שבהן החמצן לא היה רווי ביתר, אחוז הרוויה היה גבוה מ-95%. תוצאות אלו גבוהות מהערך של 80% רוויה שנקבע כ"תקן למי ים" במסגרת ההמלצות של המשרד להגנת הסביבה לתקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל (להלן-תקן מי הים).
- בכל מועדי הניטור העכירות באזור הניטור הייתה נמוכה, עד 3 NTU (למעט מדידה אחת בקיץ של 4 NTU) ולא נמצא מתאם בין העכירות והמליחות של מי הים (אשר מהווה סמן לנוכחות מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון). ערכי החציון של מדידות העכירות בחורף, באביב, בקיץ ובסתיו היו 1.2, 1.4, 1.4 ו-0.8 NTU, בהתאמה. באביב ובסתיו, כאשר נמדדו גם ריכוזי חלקיקים מרחפים במי הים (TSS), לא נמצא מתאם בין העכירות לבין TSS באזור הניטור.
- ניתוח נתוני הניטור של TSS, נוטריאנטים וכלורופיל להלן מתייחס, בין היתר, לערכי ייחוס של פרמטרים אלה אשר הוצעו ע"י חיא"ל כמייצגים של הרקע הטבעי באזור הרדוד (עד עומק מים של 15 מ') לאורך החוף, מאזור תל אביב ועד אשקלון. ריכוזים מדודים של הפרמטרים הנ"ל, או ערכי החציון שלהם באזור הניטור, בתחום של עד 50% סטייה מערכי הייחוס המוצעים (להלן –קריטריון ההתאמה לערכי הייחוס), נחשבים כהתאמה טובה לערכי הייחוס.
- בדיגום האביב ריכוזי TSS היו בתחום 1.7-3.1 מג"ל וערך החציון, 2.3 מג"ל, היה זהה למעשה לקריטריון ההתאמה לערך הייחוס. בדיגום הסתיו ריכוזי TSS היו בתחום 0.4-4.3 מג"ל וערך החציון היה 0.98 מג"ל (לא הוצע ערך ייחוס לסתיו). בדיגום האביב נמצא מתאם חלש בין ריכוזי TSS והמליחות של מי הים ובדיגום הסתיו לא נמצא מתאם כזה. סביר להניח שהמתאם שנמצא בדיגום האביב אקראי, מאחר שבכל הדיגומים האחרים בעונות האביב והסתיו מאז שנת 2010 (בסה"כ 31 דיגומים) לא נמצא מתאם בין TSS למליחות.
- בכל מועדי הניטור נמדדו בחלק מנקודות הניטור, במיוחד בנקודות הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז, ריכוזי נוטריאנטים גבוהים מערכי הייחוס ואף מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס, אולם גם ריכוזים אלה נמוכים יחסית לריכוזים אשר נחשבים כעלולים לגרום לתהליכי אוטרופיקציה בסביבה הימית.

- ריכוזי הניטראט שנמדדו בארבעת מועדי הניטור בכל אזור הניטור היו בתחום 0.15-0.18 מיקרומולר (0.002-0.25 מג"ל). בכל המועדים ערכי החציון של ריכוזי הניטראט היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס המתאימים ובחלקם ריכוזי הניטראט שנמדדו באזור הניטור יותר גבוהים גם מהריכוזים הגבוהים ביותר שנמדדו באותם חודשים במי הרכז של מתקן התפלה אשקלון. באביב, בקיץ ובסתיו נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי הניטראט למליחות של מי הים, כפי שנמצא במרבית מועדי הניטור בשנים קודמות. בדיגום החורף, כאשר מתקן התפלה אשקלון לא פעל, נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי הניטראט לטמפרטורה. ממצאים אלה וחשובים של הזרמות הניטראט לים מצביעים על כך שכנראה המקור לריכוזים הגבוהים, יחסית, של ניטראט שנמדדו באזור הניטור הוא רכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים של חברת מקורות אשר מוזרם לתוך זרם מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון.
- ריכוזי האמוניום שנמדדו בארבעת מועדי הניטור היו בתחום  $0.06 < 1.7$  מיקרומולר ( $0.001 < 0.02$  מג"ל), ובכולם ערכי החציון של ריכוזי האמוניום היו נמוכים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. כל ריכוזי האמוניום שנמדדו באזור הניטור בארבעת מועדי הניטור נמוכים בהרבה מתקן מי הים (0.5 מג"ל ממוצע ו- 2.4 מג"ל מרבי, או 36 ו- 171 מיקרומולר), שהינו גבוה בשניים/שלושה סדרי גודל מערכי הייחוס לכל עונות השנה. בדיגומי האביב והקיץ נמצא מתאם בין ריכוזי האמוניום והמליחות של מי הים ובסתיו לא נמצא מתאם כזה, כמו במרבית הדיגומים בשנים קודמות. בחורף נמצא מתאם בין ריכוזי האמוניום והטמפרטורה של מי הים.
- חנקן אורגני היווה עד 96% מכלל החנקן במועדי הניטור השונים בהתאם לתחום ההשפעה של הזרמת הניטראט ברכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים. במרבית הדגימות שבהן ריכוזי הניטראט היו בתחום הריכוזים הטבעיים, חנקן אורגני היווה יותר מ- 80% מכלל החנקן. בדיגומי החורף, האביב והקיץ ערך החציון של ריכוזי החנקן הכללי היה גבוה מקריטריון ההתאמה לערך הייחוס. בארבעת מועדי הניטור, בכל הדגימות, ריכוז החנקן הכללי היה נמוך בהרבה מתקן מי הים (1.0 מג"ל או 71 מיקרומולר), שהינו גבוה בסדר גודל מערכי הייחוס לכל העונות.
- ריכוזי החומצה הסיליצית שנמדדו בארבעת מועדי הניטור בכל אזור הניטור היו בתחום 1.5-14.0 מיקרומולר (0.04-0.4 מג"ל). בארבעת המועדים ערכי החציון של ריכוזי החומצה הסיליצית באזור הניטור היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. באביב, בקיץ ובסתיו נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי החומצה הסיליצית למליחות, כפי שנמצא במרבית מועדי הניטור בשנים הקודמות. בחורף נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי החומצה הסיליצית לטמפרטורה. ממצאים אלה וחשובים של הזרמות החומצה הסיליצית לים מצביעים על כך שכנראה המקור לריכוזים הגבוהים יחסית של חומצה סיליצית שנמדדו בים הוא רכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים.
- ריכוזי הפוספאט שנמדדו בארבעת מועדי הניטור היו בתחום 0.002-0.32 מיקרומולר (0.0007-0.01 מג"ל). רק בקיץ ערכי החציון של ריכוזי הפוספאט באזור הניטור היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס. בדיגומי האביב והסתיו נמצא מתאם בין ריכוזי הפוספאט למליחות, בניגוד למרבית הדיגומים בשנים קודמות. בחורף נמצא מתאם בין ריכוזי הפוספאט לטמפרטורה של מי הים.
- ריכוזי הזרחן האורגני (TOP) שנמדדו בארבעת מועדי הניטור היו עד כ- 1 מיקרומולר (0.03 מג"ל). כמו במרבית הדיגומים בשנים קודמות, באביב, בקיץ ובסתיו נמצא מתאם חיובי בין ריכוזי TOP למליחות של מי הים אשר מצביע על כך שבחלקם ריכוזי TOP שנמדדו באזור הניטור נובעים מהזרמה

של פוליפוספונט ממתקן התפלה אשקלון וייתכן שבמידה פחותה בהרבה גם מההזרמה של פוליפוספונט ממתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים (עקב השימוש באנטיסקלנטים פוספונטים בתהליך ההתפלה). בחורף נמצא מתאם בין ריכוזי TOP לטמפרטורה של מי הים. מאחר שבעת הניטור לא נעשה שימוש באנטיסקלנטים במתקן התפלה אשקלון (לא היה ייצור של מים מותפלים), כנראה שהמתאם משקף את ההזרמה של פוספונט ממתקני ההתפלה של מקורות.

- כל ריכוזי הזרחן הכללי שנמדדו באזור הניטור היו נמוכים מתקן מי הים (0.1 מג"ל או 3.2 מיקרומולר). באביב ובקיץ, ריכוזי החציון של זרחן כללי היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס באופן כללי. היחסים בין ריכוזי הזרחן האורגני והפוספאט אשר נמדדים באופן שגרתי במי הרכז של מתקן ההתפלה, כמו גם ממצאי הניטור הרב-שנתי של שני הפרמטרים בים, מצביעים על כך שתרכובות הפוליפוספונט אשר מוזרמות לים ממתקני ההתפלה אינן תורמות כמויות משמעותיות של פוספאט לאזור הניטור.

- בניתוח מגמות רב שנתי (2008-2021) של ריכוזי הנוטריאנטים באזור הניטור ביחס להזרמה של נוטריאנטים לא ניתן להצביע על מגמות רב-שנתיות עקביות של שינויים כלליים (בכל אזור הניטור) בריכוזי הנוטריאנטים באף אחת מעונות השנה. עם זאת, באופן כללי, בשנים 2011-2021, שבהן העומסים של ניטראט וחומצה סיליצית ממי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות גדלו בשיעור ניכר, הריכוזים של נוטריאנטים אלה בתחום של 0.5 ק"מ ממוצאי מי הקירור ומי הרכז היו גבוהים יותר מאשר בשנים הקודמות. ריכוזים גבוהים במיוחד של ניטראט ( $>10\mu\text{M}$ ) נמדדו בקרבת המוצאים בשבע השנים האחרונות (2015-2021) שבהן הייתה עליית מדרגה נוספת בעומס הניטראט ממתקני ההתפלה של מקורות.

- ריכוזי הכלורופיל באזור הניטור בחורף ובסתיו היו נמוכים, עד כ- 0.6 מקג"ל, וערכי החציון של הריכוזים (0.40 ו- 0.35 מקג"ל, בהתאמה) תאמו לערכי הייחוס. באביב ובקיץ נמדדו ריכוזים יותר גבוהים, עד 1.0 ו- 1.7 מקג"ל, בהתאמה, וערכי החציון (0.88 ו- 1.24 מקג"ל, בהתאמה), היו גבוהים מערכי הייחוס. בדיגום החורף נמצא מתאם לינארי שלילי בין ריכוזי הכלורופיל לטמפרטורה של מי הים ובסתיו נמצא מתאם כזה בין ריכוזי הכלורופיל לבין המליחות והטמפרטורה, כאשר בשני הדיגומים טווח השינויים בריכוזי הכלורופיל בין תחנות הדיגום השונות היה קטן. באביב ובקיץ, כאשר ריכוזי הכלורופיל היו יותר גבוהים וטווח השינויים בין תחנות הדיגום היה יותר גדול, לא נמצא מתאם בין ריכוזי הכלורופיל למליחות והטמפרטורה של מי הים. סביר להניח שממצאי דיגום הקיץ ואולי גם ממצאי דיגום האביב מצביעים על השפעה של הזרמת ביוב לים מרצועת עזה (התפתחות מוגברת של אצות מול רצועת עזה שהוסעו צפונה עם זרמי הים).

- בבחינה של נתונים רב-שנתיים (2012-2021) של ניטור הכלורופיל בעונות האביב והסתיו לא נראית מגמה של שינוי בריכוזי הכלורופיל עם הזמן. מסקנה זו תקפה גם לשנים קודמות ולעונות החורף והקיץ, מאז תחילת הפעילות של מתקן התפלה אשקלון ומתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים. השינויים הרב-שנתיים בריכוזי הנוטריאנטים באזור הניטור כאמור לעיל לא באו לידי ביטוי בריכוזי החציון של הכלורופיל שהיו במרבית המקרים קרובים לערכי הייחוס ואף נמוכים מהם. במהלך השנים נמדדו באזור הניטור ריכוזי כלורופיל חריגים (1.2 מקג"ל) שכנראה נבעו מהזרמה לים של ביוב מרצועת עזה. ייתכן שבחלק מהמקרים הייתה גם השפעה מסוימת של כתמי כלורופיל שהגיעו מאזור הדלתא של הנילוס.

- ריכוזי TOC שנמדדו באביב ובסתיו, עד 1.3 מג"ל, הם בתחום הריכוזים האופייניים במים חופיים בכלל והריכוזים שנמדדו באתרים לא מזוהמים באזור הרדוד של מימי החופים של ישראל במסגרת תכניות ניטור וסקרים שונים.
- בבדיקות באמצעות ICP-MS של הריכוזים הכלליים של מתכות במי הים (מתכות מומסות + ספוחות לחלקיקים מרחפים) באביב ובסתיו, כל המתכות שנבדקו (למעט אלומיניום בכל נקודות הדיגום בשני מועדי הדיגום, ברזל בחלק מנקודות הדיגום באביב ובנקודה אחת הסתיו וריכוז נמוך מאד של אבץ בדגימה אחת) לא התגלו בגבולות הגילוי של הבדיקות שכולם נמוכים מערכי תקן מי הים ומהתקנים הסביבתיים לאיכות מי ים של ארה"ב ושל האיחוד האירופי שמטרתם הגנה על החי הימי. לא נמצא קשר בין ריכוזי הברזל בדיגום האביב למליחות של מי הים. ייתכן שהמקור לריכוזי הברזל שנמדדו בדיגום האביב הוא עבודות השיפוץ של מזח הפחם של תחנת הכח רוטנברג (שימוש בחומר המכיל תחמוצת ברזל להסרת חלודה מעמודי המזח וחלקיקי חלודה שנשרו לים).
- ריכוזי כלור חופשי וכלור כללי שנבדקו באביב ובסתיו בשתי נקודות במרחקים של כ- 0.08 ק"מ וכ- 0.35 ק"מ ממוצאי מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג היו נמוכים מהריכוז המותר בהיתר ההזרמה לים של תחנת הכח (0.2 מג"ל).

#### מיקרואצות בגוף המים

- מאסף האצות בגוף המים נבדק באביב ובסתיו בשלוש נקודות הממוקמות בניצב לחוף במרחקים של 0.25 (RUT3), 0.8 (RUT9) ו-1.16 (RUT17) ק"מ ממוצאי מי הקירור ומי הרכז. בשתי העונות, בשלוש נקודות הדיגום שלטו הכחוליות שהיוו 93.6% ו- 95.8% מכלל האצות באביב ובסתיו, בהתאמה. המין הנפוץ ביותר מהכחוליות היה *Synechococcus sp.* מין זה הוא השכיח ביותר במהלך שנות הניטור גם באזורים אחרים לאורך החוף של ישראל.
- ריכוזי תאי המיקרואצות היה יותר גבוה באביב מאשר בסתיו בשלוש נקודות הדיגום. ההבדל בריכוז התאים לליטר בין העונות היה גבוה ביותר בנקודה RUT17, אך באופן כללי ההבדל היה נמוך.
- בשתי העונות, עושר המינים של הכחוליות והירוקיות היה נמוך בסדר גודל מזה של הצורניות והדינופלגלטים.
- עושר המינים באביב היה גבוה יותר בנקודה RUT17 בכל קבוצות המיקרואצות למעט קבוצת הצורניות בה עושר המינים היה גבוה יותר בנקודה RUT3. בסתיו עושר המינים של הדינופלגלטים היה גבוה ביותר בנקודה RUT9, של הצורניות בנקודה RUT3 ושל הכחוליות בנקודה RUT17. עושר המינים הכללי היה גבוה יותר באביב מאשר בסתיו למעט קבוצת הדינופלגלטים.
- עושר המינים של הכחוליות היה נמוך באופן חריג בסתיו בשלוש נקודות הדיגום וכלל רק את המין הנפוץ *Synechococcus sp.*, למעט נקודה RUT17 בה הופיע מין נוסף.
- מגוון המינים באביב היה הגבוה ביותר בנקודה RUT3 והנמוך ביותר בנקודה RUT9. בסתיו הגבוה ביותר היה בנקודה RUT9 והנמוך ביותר בנקודה RUT17. מגוון המינים היה גבוה יותר באביב בשלוש נקודות הדיגום וההבדלים בין הנקודות היו קטנים בשתי העונות.

- ניתוח אשכולות של נתוני הניטור בשנים 2017-2021 הראה דמיון רב במגוון המינים בין שלוש נקודות הדיגום. ההבדל הגדול ביותר במגוון המינים נמצא בין שנת 2018 ליתר שנות הניטור מכיוון שבשנה זו מגוון המינים היה גבוה במיוחד, אך לא נמצא הבדל בין נקודות הדיגום השונות בשתי העונות. תוצאות אלו מעידות באופן עקבי על העדר השפעה של רכוז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים (כמו גם של הגורמים המנטרים האחרים) על אוכלוסיית האצות באזור.
- כמו בשנים קודמות, גם בשנת 2021 ריכוז התאים של מינים בעלי פוטנציאל רעילות מקבוצת הדינופלגליטים כגון *Akashiwo sanguinea*, *Dinophysis caudata* ו- *Prorocentrum minimum* היה נמוך מאוד באזור הניטור, בארבעה סדרי גודל פחות מהריכוזים העלולים להוות סכנה. הריכוזים של מינים של *Pseudonitzschia spp.* מקבוצת הצורניות, שחלקם עלולים להיות בעלי פוטנציאל רעילות הופיעו בשנת 2021 באביב בריכוז בסדר גודל של  $10^3$  Cells/L בשלוש נקודות הדיגום ובסתיו בריכוז של מאות תאים לליטר בשלוש הנקודות. ריכוזים אלה נמוכים בשלושה סדרי גודל לפחות מהריכוזים העלולים להוות סכנה. בסתיו, בשלוש נקודות הדיגום הופיע המין *Nitzschia sp.* בריכוז של  $10^5$  Cells/L, נמוך בשני סדרי גודל מריכוז בעל פוטנציאל הרעלה.

#### איכות הסדימנט

- באופן כללי, התפלגות גודל גרגרי הסדימנט באזור הניטור באביב ובסתיו 2021 אופיינית לסדימנט החולי באזור הרדוד של חופי ישראל. בשני מועדי הניטור התפלגות גודל הגרגר הייתה בי-מודלית: מקטעי גודל הגרגר השכיחים היו 250-500 מיקרומטר ו- 180-250 מיקרומטר, למעט בשתי נקודות דיגום: בנקודת הדיגום העמוקה ביותר המקטע השני בתרומתו היה 125-180 מיקרומטר; בנקודת הדיגום הדרומית ביותר, המרוחקת ממוצאי מי הקירור, מקטע גודל הגרגר השני בתרומתו היה 500-1000 מיקרומטר. בנקודות הדיגום הקרובות למוצאי מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג התפלגות גודל הגרגר מושפעת מזרמי מי הקירור אשר מרחיפים את הסדימנט בעוצמה רבה וכתוצאה מכך עולה שכיחות הגרגרים הגדולים יחסית. בנקודות הדיגום בעומק רדוד, אשר אינן מושפעות מזרמי מי הקירור, גלי החוף גורמים להרחפת החול וגם בהן שכיחות הגרגרים הגדולים עולה.
- ריכוזי חומר אורגני (TOC) בסדימנטים שנמדדו באביב 2021 באזור הניטור נמוכים, דומים בכל נקודות הדיגום, ובתחום הערכים הטבעיים במימי החופים של ישראל.
- ריכוזי המתכות הכבדות בסדימנטים שנמדדו באביב 2021 דומים בכל נקודות הדיגום ובתחום הערכים הטבעיים במימי החופים של ישראל בכלל, כמו גם בתחום הריכוזים שנמדדו באזור אשקלון לפני התחלת הפעילות של מתקן התפלה אשקלון. כל הריכוזים נמוכים מהריכוזים שבהם צפויות השפעות מזיקות על החי הימי (עפ"י הקריטריונים הסביבתיים ERM/ERL להגנה על החי הימי).
- ממצאי הניטור הרב-שנתי (יחסי ברזל-אלומיניום בסדימנטים) מעידים שהברזל שהוזרם לים ממתקן ההתפלה לא הצטבר בסדימנטים באזור הניטור.

## החי בתוך המצע

- בדיגומי אביב וסתיו 2021 נאספו באזור הניטור, מוינו ונספרו 14,384 ו- 12,602 פרטים של חי תוך המצע, בהתאמה. בשתי העונות לא נמצא מתאם בין שכיחות הנמטודה לבין העומק של נקודות הדיגום והמרחק של הנקודות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז לבין שכיחות התולעים הנימיות באביב או בסתיו.
- תולעים רב-זיפיות היוו באביב ובסתיו 3.2% (456 פרטים) ו- 3.3% (419 פרטים) מכלל בעלי החיים, בהתאמה. המשפחות הדומיננטיות היו באביב Nephtyidae ו- Orbiniidae ובסתיו Saccocirridae ו- Nephtyidae. משפחת Saccocirridae הופיעה רק בנקודה RUT2. משפחות אלו אופייניות לאזור הרדוד של החוף החולי הישראלי. לא נמצא מתאם בין שכיחות התולעים הרב זיפיות לבין עומק נקודות הדיגום או מרחקן ממוצאי מי הקירור ומי הרכז.
- תת-מערכת הסרטנאים הופיעה באביב בשכיחות נמוכה מאוד. בסתיו שכיחות הסרטנאים הייתה רגילה לעונה. באביב מחלקת-על סרטנים עילאיים הייתה הדומיננטית ביותר ותת-מחלקת שטרגליים דלה. בסתיו תת-מחלקת שטרגליים הייתה דומיננטית ומחלקת-על סרטנים עילאיים הייתה דלה ביותר. חילוף הדומיננטיות בין מחלקות הסרטנים אופייני לחילופי העונות. מחלקת צדפונאים הייתה דלה מאוד בשתי העונות. בשתי העונות לא נמצא מתאם בין שכיחות הסרטנאים למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז; רק בסתיו נמצא מתאם חיובי לעומק הנקודות.
- רכיכות היוו רק 0.2% ו- 0.6% מכלל בעה"ח בדיגומי האביב והסתיו, בהתאמה; בשתי העונות נמצאו רק ארבעה חלזונות. במחלקת הצדפות הסוג השכיח ביותר באביב היה *Donax trunculus*. בנוסף לו נמצאו שלושה מינים, שמנו יחד 6 פרטים. שכיחות זו נמוכה מאוד וחריגה בהשוואה לשנות ניטור קודמות. בסתיו שכיחות הרכיכות הייתה נמוכה אך בטווח סטיית התקן הרב-שנתית. המין הנפוץ ביותר היה *Mactra stultorum*. מרבית הפרטים של הרכיכות בסתיו היו מרוכזים בנקודות הדיגום העמוקות RUT8N ו- RUT7N. בשתי העונות לא נמצא מתאם בין שכיחות הרכיכות למרחק הנקודות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז; בסתיו בלבד נמצא מתאם חיובי לעומק הנקודות.
- באביב הופיעו 984 פרטים מסדרת אקוולה (*Acoela*), שהייתה השכיחה ביותר אחרי הנמטודה. לא נמצא מתאם בין שכיחות הפרטים למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז או לעומק הנקודות אך נמצא מתאם להרכב הגרנולומטרי של הסדימנט. בסתיו נספרו 140 פרטים ממערכת תולעי החוטם (*Nemertea*) שהופיעו בעיקר בנקודות הרדודות הקרובות ביותר למוצאי מי הקירור ומי הרכז. פרט לקבוצות אלה, בשתי העונות לא הופיעו אורגניזמים נוספים במספרים משמעותיים.
- באופן כללי, למרות שמספר הפרטים הכללי של חברת החי בתוך המצע באביב 2021 היה דומה לשנות ניטור קודמות, הרכב החברה היה חריג ומורכב כמעט כולו מנמטודה ופרטים מסדרת אקוולה שהיו ביחד 93.7% מכלל הפרטים בדיגום. בנוסף לשכיחות הנמוכה של פרטים מהקבוצות הראשיות, גם יחס השכיחויות ביניהן היה חריג. ברוב נקודות הדיגום היחס בין התולעים הרב-זיפיות לבין הסרטנאים + הרכיכות היה גדול מ- 1. יחס זה היה הקיצוני ביותר בנקודות הביקורת RUT14 ובנקודה העמוקה ביותר RUT8N, שבדרך כלל הן העשירות ביותר בקבוצות הסרטנים והצדפות. באופן כללי, יחס התולעים הרב-זיפיות לסרטנאים + רכיכות באביב 2021 יכול להצביע על חברת חי תוך מצע מעורערת. עם זאת ברור שמצב זה אינו קשור לזרמי המים החמים והמלוחים של תחנות הכח ומתקני ההתפלה, ע"פ ההתפלגות המרחבית של הרכב חברת חי תוך המצע, שהיה במצב טוב יותר בנקודות הקרובות

למוצאי מי הקירור ומי הרכז מאשר בנקודות הרחוקות מהמוצאים, כולל בנקודות הביקורת. בסתיו לא הייתה חריגה בשכיחות הפרטים מהקבוצות הראשיות ביחס לשנים קודמות. גם היחס בין שכיחות התולעים הרב-זיפיות לסרטנים + רכיכות לא היה חריג במרבית נקודות הדיגום.

- בדיגומי האביב והסתיו לא נמצא מתאם בין מספר הפרטים הכולל למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז; בסתיו בלבד נמצא מתאם חיובי לעומק הנקודות. מספר הפרטים ללא נמטודה באביב היה הגבוה ביותר בנקודות הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז מצפון ודרום-מערב והנמוך ביותר בנקודות RUT4 ו-RUT10. התפלגות שכיחויות זו בנקודות הדיגום חריגה, כאמור, והפוכה מהמגמה בכל שנות הניטור הקודמות. בסתיו, נמצא מתאם חיובי בין מספר הפרטים ללא נמטודה לעומק של נקודות הדיגום, בעיקר בגלל סרטנים ורכיכות שהיו שכיחים במיוחד בנקודות העמוקות ולא נמצא מתאם למרחק הנקודות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז. עושר הטקסונים באביב היה נמוך מאוד וחריג בהתפלגות בין נקודות הדיגום. בנקודות הקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז נמצא עושר הטקסונים הגבוה ביותר ובנקודות העמוקות והרחוקות עושר הטקסונים היה נמוך. מגוון המינים באביב היה הגבוה ביותר בנקודה RUT2 הקרובה למוצאים והנמוך ביותר בנקודת הביקורת RUT14. עם זאת, לא נמצא מתאם בין עושר הטקסונים או מגוון המינים למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז, או לעומק הנקודות. בסתיו עושר הטקסונים ומגוון המינים היו הנמוכים ביותר בנקודות הקרובות מדרום למוצאי מי הקירור ומי הרכז והגבוהים ביותר בנקודות העמוקות מצפון ודרום-מערב למוצאים. נמצא מתאם חיובי מובהק בין עושר הטקסונים ומגוון המינים לעומק נקודות הדיגום ולא נמצא מתאם למרחק הנקודות ממוצאי מי הקירור ומי הרכז. מדד השיויוניות הושפע בעיקר משכיחות הנמטודה. בשתי העונות לא נמצא מתאם בין מדד השיויוניות למרחק של נקודות הדיגום ממוצאי מי הקירור ומי הרכז או לעומקן.

- על סמך משתני המאסף הכלליים, לא ניתן להצביע על השפעה שלילית של מי הקירור ורכז ההתפלה על חברת חי תוך המצע באביב, מכיוון שהמדדים הגבוהים ביותר נמצאו בקרבת מוצאי מי הקירור ומי הרכז והנמוכים ביותר בנקודות הרחוקות מהמוצאים והעמוקות, כולל נקודות הביקורת. על סמך דיגום הסתיו ניתן לקבוע שמי הקירור ומי הרכז משפיעים על הרכב חברת החי בתוך המצע בעיקר בקרבת המוצאים לכיוון דרום-מערב ונקודות הדיגום מצפון למוצאים מושפעות פחות מהמים החמים והמלוחים.

- ניתוח רב משתנים של מאסף החי בתוך המצע בדיגום אביב 2021 (Cluster analysis) וסילוס רב-ממדי (nMDS) הראה כי באופן חריג, בהשוואה לשנות ניטור קודמות, הנקודה העמוקה ביותר RUT8N נבדלה מיתר הנקודות בגלל מיעוט מספר הפרטים בכלל ונמטודה בפרט. גם הנקודות RUT6, RUT10 ו-RUT13 נבדלו מיתר הנקודות. יתר הנקודות היו מקובצות יחדיו, אך נוצר תת-מקבץ של נקודות RUT4, RUT2 ו-RUT11 הרדודות והקרובות למוצאים מדרום שהיו בעלות עושר, מגוון מינים ומספר פרטים גבוה ביחס ליתר הנקודות. ממצאים אלה חריגים והפוכים מהממצאים בכל שנות הניטור הקודמות. מבחן Permanova (Pair-Wise Test) של השפעת הגורמים הסביבתיים, המיוצגים ע"י העומק של נקודות הדיגום והמרחקים ממוצאי מי הקירור ומי הרכז, על הדמיון הביוולוגי בין נקודות הדיגום, מצא הבדלים מובהקים בהרכב חברת החי באביב בין הנקודות הרדודות לעמוקות ביותר, ובין הנקודות הקרובות ביותר למוצאים מדרום לבין הנקודות הרחוקות מאד מהם. בסתיו הרכב חברת חי תוך המצע היה דומה לשנות ניטור קודמות. הנקודות הרדודות וקרובות למוצאי מי הקירור ומי הרכז

מדרום נבדלו מיתר הנקודות בגלל מיעוט פרטים מהקבוצות הראשיות ושכיחות בינונית של נמטודה. נקודה RUT8N העמוקה נבדלה מיתר הנקודות והתאפיינה בשכיחות נמוכה יחסית של נמטודה ושכיחות גבוהה מאוד של סרטנים. יתר הנקודות התקבצו יחדיו, והתאפיינו בעושר טקסונים, מגוון מינים ומספר פרטים כללי גבוה. מבחן Permanova הפריד באופן מובהק רק בין הנקודות הקרובות ביותר למוצאי מי הקירור ומי הרכז לבין הרחוקות ביותר מהם ובין שלוש קטגוריות העומק.

- בבחינה של נתוני ניטור החי בתוך המצע בשנים 2015-2021 (למעט 2018 ו-2020, בהן לא התבצע ניטור חי תוך המצע) נמצא שעל אף שקיימת שונות רב שנתית ניכרת במאסף החי, שכיחות הקבוצות השונות של החי מושפעת יותר מהמיקום במרחב מאשר מגורם הזמן. בשנת 2021 באביב תפוצת האורגניזמים בנקודות הדיגום הייתה חריגה ונמצא הבדל מובהק בעושר הטקסונים ומגוון המינים בהשוואה לניטור האביב בשנים קודמות. כמו כן ניתן לראות מגמה של עליה בשכיחות הנמטודה וירידה בשכיחות הסרטנאים בחמש שנות הניטור האחרונות באביב. בסתיו לא ניתן לזהות מגמות אלו, דבר הממחיש את הדינמיות הרבה של הרכב חברת חי תוך המצע ואת ההשפעות העונתיות על הרכב החברה.
- ניתוח Cluster analysis ו-nMDS של הנתונים הרב שנתיים (2015-2021, ללא 2018 ו-2020) ומבחן Permanova הפרידו בצורה מובהקת בין נקודות הדיגום על סמך העומק ועל סמך שלושת מעגלי המרחקים ממוצאי מי הקירור ומי הרכז (קרוב, רחוק, רחוק מאד), הן בעונת האביב והן בעונת הסתיו.

#### 4. מסקנות מממצאי הניטור הרב-שנתי<sup>23</sup>

- מי הקירור החמים הנפלטים מתחנת הכח רוטנברג מעלים את הטמפרטורה של מי הים בחלק מאזור הניטור. פיזור פלומת המים החמים מושפע בעיקר מתנאי התפעול של תחנת הכח ומתקן ההתפלה ומהתנאים הסביבתיים, בעיקר מכיוון הרוח. בדרך כלל הטמפרטורות הגבוהות ביותר והפרשי הטמפרטורה הגבוהים ביותר ביחס לרקע נמדדים בנקודות הקרובות למוצאי המים החמים (עד 0.5 ק"מ), אולם כבר במרחק של כ- 0.1 ק"מ מהמוצאים הפרש הטמפרטורה קטן מ- 10°C. במרחק של כ- 1 ק"מ מהמוצאים הפרש אינו גדול מ- 5°C-6°C (נתוני השנים האחרונות). בהשוואה רב שנתית של פיזור הטמפרטורה, בנוסף לגורמים לעיל, יש להתחשב גם במועד הניטור בתוך העונה הנדגמת (בטמפרטורה הטבעית היחסית בתוך העונה).
- מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון מעלים את המליחות של מי הים בחלק מאזור הניטור אולם שינויי המליחות קטנים מתחזית מודל הפיזור של מי הרכז שנערך לפני הפעלת מתקן ההתפלה. תפוצת המליחות באזור הניטור נקבעת ע"י היקף הערבוב של מי הרכז של מתקן ההתפלה עם מי הקירור החמים הנפלטים מתחנת הכח רוטנברג, וכיווני ועוצמות הרוחות והזרמים הטבעיים באזור. ב- 15 שנות ניטור, מאז תחילת ההפעלה השוטפת של מתקן ההתפלה בשנת 2006, תוספת מליחות גבוהה ביותר מ- 11% מהרקע הטבעי (עד 12.8%) נמדדה רק פעמיים (בסתיו 2017 ובסתיו 2020) במרחק של עד 0.35 ק"מ ממוצא מי הרכז. בד"כ פלומת המליחות הגבוהה משתרעת כלפי דרום ו/או מערב, אולם ייתכנו מצבים חריגים של התפשטות הפלומה כלפי צפון-מערב עד צפון. השטח בסמוך

<sup>23</sup> המסקנות מבוססות על הממצאים של הניטור מאז תחילת ההפעלה השוטפת של מתקן התפלה אשקלון בשנת 2006, ובכלל זה ממצאים של פעולות ניטור שלא מתבצעות בכל שנה ולכן לא בוצעו בשנת 2021, למעט התייחסות לממצאים של מיפוי בתימטרי ומצב קרקעית הים אשר מוצגים בשנים של ביצוע מיפוי.

לקרקעית הים, בו המליחות של מי הים גבוהה מהרקע הטבעי בשיעור של יותר מ- 5% (כ- 2 יחידות מליחות), בד"כ מצומצם ומוגבל למרחק של עד כמה מאות מטרים ממוצאי מי הקירור ומי הרכז. כאשר תחנת הכח רוטנברג פועלת בהיקף מצומצם, תוספת מליחות בשיעור של 2.5% (כ- 1 יחידת מליחות) לעומת הרקע יכולה להגיע למרחק של כמה ק"מ ממוצאי מי הקירור ומי הרכז.

- ממצאי הניטור מעידים שמי הרכז של מתקן התפלה אשקלון אינם משפיעים על העכירות ועל ריכוזי חמצן מומס, חומר מרחף, נוטריאנטים (למעט זרחן אורגני כללי), ופחמן אורגני באזור הניטור.
- ממצאי הניטור מצביעים על השפעה של רכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים של חברת מקורות (אשר מוזרם לתוך זרם מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון) על ריכוזי הניטראט והחומצה הסיליצית באזור הניטור, בעיקר בתחום הקרוב למוצא מי הרכז.
- ממצאי הניטור מצביעים על השפעה של מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון, וייתכן שבמידה פחותה בהרבה גם על השפעה של מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים, על ריכוזי הזרחן האורגני במי הים באזור הניטור (עקב השימוש באנטיסקלנטים פוספונטיים). תוספות אלה של זרחן אורגני אינן תורמות כמויות משמעותיות של פוספאט לאזור הניטור.
- ממצאי הניטור מעידים שלהזרמה לים של מי הקירור מתחנות הכח רוטנברג ודוראד ושל מי הרכז ממתקן התפלה אשקלון וממתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים אין השפעה על ריכוזי הכלורופיל (מדד לביומסה של אצות) באזור הניטור. במהלך השנים, נמדדו באזור הניטור ריכוזי כלורופיל חריגים שכנראה נבעו מההזרמה לים של ביוב מרצועת עזה (התפתחות מוגברת של אצות באזור עזה והסעתן צפונה עם זרמי הים).
- ממצאי הניטור לא מצביעים על השפעה של תמלחות מפעל אינטל אלקטרוניקה וההזרמות לים מתחנות הכח וממתקני ההתפלה על ריכוזי מתכות כבדות במי הים באזור הניטור.
- ממצאי הניטור לא מצביעים על קשר בין ההזרמה לים של רכז מתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים (המועשרים בניטראט וחומצה סיליצית) לבין ההופעה של מיקרואצות באזור הניטור (התפלגות הקבוצות השונות במאסף האצות, ריכוזי האצות ונוכחות אצות בעלות פוטנציאל רעילות).
- מבחינת עושר, התפלגות ושכיחות המינים של הקבוצות השונות של האצות, ממצאי ניטור 2021 אינם חריגים ביחס לממצאי הניטור בשנים קודמות ולממצאים של תכניות ניטור אחרות באזורים סמוכים.
- הריכוזים של האצות בעלות הפוטנציאל לרעילות שנמצאו באזור הניטור אינם מהווים סכנה. ריכוזים דומים ואף גבוהים מהם נמצאו במקומות אחרים לאורך החוף של ישראל.
- ממצאי הניטור לא מצביעים על השפעה של מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון על ריכוזי פחמן אורגני ומתכות כבדות (ברזל ומתכות קורט) בסדימנטים באזור הניטור ומעידים שהמתכות המוזרמות לים ממתקן ההתפלה אינן מצטברות בסדימנטים באזור הניטור אלא מתפזרות ברחבי הים. ממצאים אלה מהווים אינדיקציה לכך שככלל, חלקיקים שמקורם במתקן ההתפלה אינם מצטברים בסדימנטים.
- בכל שנות הניטור, תחום ההשפעה המובהקת של הזרמת מי הקירור של תחנות הכח ומי הרכז של מתקני ההתפלה על אוכלוסיות החי בתוך המצע באזור הניטור (דילול של מספר הפרטים והמינים),

היה מצומצם מאוד ומוגבל לרצועת מים רדודים (עד עומק של כ- 5 מ') שהשתרעה עד למרחק של 0.8 ק"מ מדרום מערב למוצאי המים החמים והמלוחים ו- 0.5 ק"מ מהחוף.

- תכולת הפחם הזעומה שנמצאה בסדימנט באזור מזרח הפחם של תחנת הכח רוטנברג מעידה על יעילות הפעולות שנקטו למניעה וצמצום של נשירת פחם לים בעת פריקת הפחם ועל העדר השפעה משמעותית של פריקת הפחם על קרקעית הים.

## 5. המלצות

מומלץ להמשיך את הניטור במתכונת הנוכחית.

## 6. רשימת מקורות

Bates, S.S., Garrison, D. L. and R. A. Horner (1998). Bloom Dynamics and Physiology of Domoic-Acid Producing Pseudo-nitzschia Species. In: Physiological ecology of harmful algal blooms, p. 267-292.

Bates S. S., Hubbard K. A., Lundholm N., Montresore M. and C. P. Leaw (2018). Pseudo-nitzschia, Nitzschia, and domoic acid: new research since 2011. Harmful Algae (online).

Beesley, P.L., Ross G.J.B. and C. Glasby (2000). Polychaetes and Allies. In: Fauna of Australia Vol. 4A Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula. CSIRO Publishing. pp. 238-239

Buchman, M. F. (2008). NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34pp.

European Union (2013). DIRECTIVE 2013/39/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

Helleren S. (2016). The diatom *Chaetoceros spp.* as a potential contributing factor to fish mortality events in Cockburn Sound, November 2015. Dalcon Environmental Report DE00000.R1. Department of Fisheries Western Australia.

Herut, B. and Sandler, A. (2007). Normalization methods for pollutants in marine sediments: review and recommendations for the Mediterranean basin (Final Report submitted to UNEP/MAP), IOLR Report H31/2007

Higgins, R.P. & Theil H. (1988). Introduction to study of Meiofauna. Publ. Smithsonian Institution Press. London.

Kahn, S. J., Murchland, D., Rhodes, M. and Waite, T.D. (2009). Management of concentrated waste streams from high-pressure membrane water treatment systems. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39, 367 – 415

Kennish, M.J. (1997). *Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution*. CRC Press.

Kress, N., Rahav, E., Silverman, J. and B. Herut (2019). Environmental status of Israel's Mediterranean coastal waters: Setting reference conditions and thresholds for nutrients, chlorophyll-a and suspended particulate matter. *Marine Pollution Bulletin* 141: 612-620

Levin, A. Sladkevich, M. and E. Kit (2013). Currents in the vicinity of the Coal Terminal Rutenberg. CAMERI Report No. P.N. 780/14.

Meibner K., Darr A. and E. Rachor (2008). Development of habitat models for *Nephtys* species (Polychaeta: Nephtyidae) in the German Bight (North Sea). *Journal of Sea Research*, Vol. 60. (4). pp. 276-291

Silverman, J., Biton, E., Ninio, S., Tibor, G. and Herut, B. (2017). Untreated sewage discharge from the Gaza strip as a possible cause of seawater quality deterioration at southern Israel and the Ashqelon VID desalination plant inlet. IOLR Report H35/2017.

Sladkevich, M. and E. Kit (2004). VID Desalination plant at Ashkelon. Mathematical model for spreading of brine outlet at sea. CAMERI Report No. P.N. 612/04.

Sladkevich, M., Glozman, M., Levin, M. and E. Kit (2013). Rutenberg Power Station and Ashkelon Desalination Plant: I. Statistical Analysis of Waves; II Engineering Assessment of Brine and Warm Water Spreading. CAMERI Report No. P.N. 781/13.

Taş S. and E. Okuş (2011). A review on the Bloom Dynamics of a Harmful Dinoflagellate *Prorocentrum minimum* in the Golden Horn Estuary. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* Vol. 11 pp. 673-681

Tas S, Ergul H. A. and N. Balkis (2016). Harmful algal blooms (HABs) and mucilage formations in the sea of Marmara. *The sea of Marmara, Marine Biodiversity, Fisheries Conservation and Governance*. Publication No: 42, pp. 768 – 786

UNEP (2008). *Desalination: Resource and Guidance Manual for Environmental Impact Assessment*. United nations Environment Program and the World Health Organization.

US Environmental Protection Agency (2020), National Recommended Water Quality Criteria – Aquatic Life Criteria Table. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>.

אברמזון, כ. ושפיר, ו. (2016). ניטור הסביבה הימית והחופית אתר תחנות הכוח "רוטנברג", מתקן להתפלת מי ים וי. אי. די, מתקני התפלת קידוחי מקורות, תחנת הכח דוראד. דו"ח לשנת 2015. דוח חח"י RELP-4-2016

אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה (2002). תקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל, עדכון אוגוסט 2002.

אלמגור, ג. וא. פרת (2012). חוף הים התיכון של ישראל. המכון הגיאולוגי, דוח מספר GSI/28/2012.

גפן גלזר, ע. (2013). תכנית ניטור הסביבה הימית והחופית מוצאי אתר תחנות הכוח "רוטנברג" מתקן להתפלל מי ים וי אי די מתקני התפלת קידוחי מקורות. השלמת פרק הידרוגרפיה. דוח חח"י RELP-14-2013

גפן גלזר, ע. (2014). ניטור הסביבה הימית והחופית אתר תחנות הכוח "רוטנברג" מתקן להתפלל מי ים וי אי די. מתקני התפלת קידוחי מקורות. דוח לשנת 2013. דוח חח"י RELP-5-2014.

גפן גלזר, ע. (2015). ניטור הסביבה הימית והחופית אתר תחנות הכוח "רוטנברג" מתקן להתפלל מי ים וי אי די. מתקני התפלת קידוחי מקורות. דוח לשנת 2014. דוח חח"י RELP-4-2015.

חרות, ב. והקבוצה המדעית של חיא"ל 2015. תכנית ניטור לאומית בים התיכון דו"ח מדעי ל- 2015. חלק II ניטור מגוון ביולוגי. דו"ח חיא"ל H42/2016.

חרות, ב., שפר, ע., גורדון, נ., גליל, ב., לובינסקי, ה., טיבור, ג., ותוס, מ., רילוב, ג., סילברמן, ג., ורינקביץ, ב. (2013). התוכנית הלאומית לניטור מימי החופין של ישראל בים התיכון. דו"ח מדעי לשנת 2012. דו"ח חיא"ל H62/2013.

חרות, ב., סגל, י., גרטנר, י. וקבוצת חיא"ל (2018). תכנית הניטור הלאומית בים התיכון. ל- 2017 חלק 3: ניטור זיהום ים. דוח חיא"ל H50/2018.

טיבור, ג. וכתר, ת. (2011). תפוצת כלורופיל באזור מתקן ההתפלה באשקלון על סמך ניתוח של צילומי לוויין מסוג MERIS FR מהתאריכים 17 ו 20 באוגוסט 2011. דוח חיא"ל H79/2011.

כהן, י., אברמזון, כ., לוי, ג., היאמס, שורץ, ח. וברנע, א. (2018). ניטור הסביבה הימית והחופית אתר תחנות הכוח "רוטנברג", מתקן להתפלל מי ים וי אי די. מתקני התפלת קידוחי מקורות, תחנת הכח דוראד אנרגיה. דו"ח לשנת 2017. דוח חח"י RELP-1-2018.

כהן, י., אברמזון, כ., לוי, ג. ושורץ, ח. (2019). ניטור הסביבה הימית והחופית אתר תחנות הכוח "רוטנברג", מתקן להתפלל מי ים וי אי די. מתקני התפלת קידוחי מקורות, תחנת הכח דוראד אנרגיה. דו"ח לשנת 2018. דוח חח"י RELP-5-2019.

כהן, י., אברמזון, כ., לוי, ג. ושורץ, ח. (2020). ניטור הסביבה הימית והחופית אתר תחנות הכוח "רוטנברג", מתקן להתפלל מי ים וי אי די. מתקני התפלת קידוחי מקורות, תחנת הכח דוראד אנרגיה ומפעל אינטל אלקטרוניקה (קרית גת). דו"ח לשנת 2019. דוח חח"י RELP-2-2020.

כהן, י., אברמזון, כ., לוי, ג. ושורץ, ח. (2021). ניטור הסביבה הימית והחופית אתר תחנות הכוח "רוטנברג", מתקן להתפלל מי ים וי אי די. מתקני התפלת קידוחי מקורות, תחנת הכח דוראד אנרגיה ומפעל אינטל אלקטרוניקה (קרית גת). דו"ח לשנת 2020. דוח חח"י RELP-2-2021.

סיסמה-ונטורה, ג. ולובינסקי, ה. (2021). ניטור הסביבה הימית באזור מוצאי מי הרכז של מתקני ההתפלה פלמחים ושורק, דו"ח סופי לממצאי 2020. דו"ח חיא"ל H17/2021.

קריס, נ., רהב, א., סילברמן, י., ביטון, א., סוקניק, א. וחרות, ב. (2017). גיבוש ערכי סף (אמות מידה) לרמות נוטריאנטים וכלורופיל-a לשמירה על איכות מי הים התיכון של ישראל: גישה המשלבת ניתוח סטטיסטי, ניסויי bioassay ומודלים. דוח מסכם. דוח חיא"ל H50/2017.

קריס, נ. ושפר, ע. (2005). בדיקת מתכות במשקעי קרקעית (סדימנטים) מתחנות הכח רוטנברג, אשכול, רידינג ואורות רבין ובבעלי חיים מתחנות הכח רוטנברג ואשכול. דוח חיא"ל H45/2005.

רהב, א. וחרות, ב. (2020). תכנית הניטור הלאומית בים התיכון בשנים 2018-2019: ניטור המגוון הביולוגי. דוח חיא"ל H48/2018.

שהם-פריד, א., קריס, נ., גורדון, נ. ולובינסקי, ה. (2020). ניטור משותף של הסביבה הימית למפעלים אדמה-אגן בע"מ, פז-בית זיקוק אשדוד בע"מ ואשדוד התפלה בע"מ. דו"ח סופי לדיגומי 2019. דוח חיא"ל H17/2020.

שפיר, ו. ובן יוסף, ד. (2017). ניטור הסביבה הימית והחופית אתר תחנות הכוח "רוטנברג", מתקן להתפלת מי ים וי. אי. די, מתקני התפלת קידוחי מקורות, תחנת הכח דוראד. דו"ח לשנת 2016. דוח חח"י-RELP-2017-2.

## נספח א

### **תכנית ניטור הסביבה הימית: אתר תחנות הכח "רוטנברג", מתקן התפלה אשקלון, מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים, תחנת הכח דוראד, מפעל אינטל אלקטרוניקה**

#### **1. מטרת ותכולת תכנית הניטור**

מטרת תכנית ניטור רוטנברג היא הערכת ההשפעות של תחנת הכוח "רוטנברג" של חברת החשמל לישראל, מתקן התפלה אשקלון של חברת "וי.אי.די", מתקני התפלת מים מליחים מקידוח בארות של חברת "מקורות", תחנת הכוח של חברת "דוראד אנרגיה" ומפעל "אינטל אלקטרוניקה" (קרית גת), על הסביבה הימית. תכנית הניטור נקבעה ע"י המשרד להגנת הסביבה ועונה גם על הדרישות לניטור הסביבה הימית בהיתרי ההזרמה לים של הגורמים המנוטרים.

מרכיבי תכנית הניטור (תכניות הדיגום, הפרמטרים של הניטור ותדירות הניטור) עודכנו במהלך השנים ע"י המשרד להגנת הסביבה. מסמך זה מציג בתמציתיות את תכנית הניטור הנוכחית (2021) ואת השינויים בתכנית הדיגום והבדיקות במהלך השנים<sup>1</sup>.

תכנית הניטור כוללת שלושה חלקים:

- מיפוי בתימטרי - טופוגרפי בסביבת ההשפעה של המתקנים הימיים של חברת החשמל. המיפוי הממוקד בסביבת המתקנים, שהחל בשנת 2019, החליף את המעקב אחר רוחב החוף והמיפוי הבתימטרי הנרחב באזור תחנת הכח רוטנברג שבוצעו בשנים 1990 - 2018<sup>2</sup>.
- ניטור השפעות אפשריות של ההזרמה לים של מי קירור חמים מתחנות הכח רוטנברג ודוראד, של מי רכז ממתקן התפלה אשקלון וממתקני ההתפלה של מי קידוח בארות של חברת מקורות, ושל תמלחות תעשייתיות ממפעל אינטל אלקטרוניקה בקרית גת. הניטור של מי הקירור החמים מתחנת הכח רוטנברג החל בשנת 1998. ניטור ההזרמה של מי רכז ממתקני ההתפלה החל בשנת 2006. בשנת 2015 תחנת הכח של דוראד הצטרפה לניטור ובשנת 2019 הצטרף מפעל אינטל אלקטרוניקה.
- ניטור השפעות אפשריות של פריקת פחם במזח הפחם של תחנת הכח רוטנברג. הניטור החל בשנת 2005.

#### **2. מרכיבי תכנית הניטור ותדירות הניטור**

המרכיבים של כל אחד מחלקי תכנית הניטור, אתרי הדיגום, סוגי הבדיקות ותדירות הבדיקות מפורטים להלן.

<sup>1</sup> גרסאות קודמות של תכנית הניטור והתכתבויות בעניין שינויים בתכנית עד לשנת 2016 מוצגים בנספח ט' של דוח הניטור לשנת 2016 (דוח חח"י 2017 – 2 – RELP) המוצג באתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה. בסוף נספח זה מצורפים אישורים של המשרד להגנת הסביבה לשינויים בתכנית הניטור החל משנת 2017.

<sup>2</sup> הסיבה לעדכון של תכנית המיפוי היא ההתייחסות הכללית של קו החוף וקרקעית הים באזור תחנת הכח רוטנברג, כמפורט במכתב המצורף של המשרד להגנת הסביבה מיום 28.10.2019.

## 2.1 מיפוי בתימטרי - טופוגרפי בסביבת ההשפעה של המתקנים הימיים של חברת החשמל

תחום המיפוי כולל: (1) שטח המשתרע ממרחק של 500 מ' מדרום למזח הפחם של תחנת הכח רוטנברג ועד 1,000 מ' מצפון לשובר הגלים המשני של נמל קצא"א, מגובה טופוגרפי של 3 מ' מעל אפס האיוון הארצי בחוף ועד עומק מים של 15 מ'; (2) רצועה שרוחבה 500 מ' משני צידי מזח הפחם והדולפין בקצהו. החל משנת 2020, המיפוי הבתימטרי מתבצע מעומק מים של 5 מ' באמצעות מד עומק מסוג רב-אלומה (multi-beam) ובעומקים רדודים יותר באמצעות מד עומק מסוג חד-אלומה (single-beam). המיפוי אמור להתבצע כל חמש שנים.<sup>3</sup>

## 2.2 ניטור השפעות אפשריות של ההזרמה לים של מי קירור חמים מתחנות הכח רוטנברג ודוראד, של מי רכז ממתקן התפלה אשקלון וממתקני ההתפלה של מים מליחים מקידוחים של חברת "מקורות", ושל תמלחות ממפעל אינטל אלקטרוניקה

### נקודות הדיגום ופרמטרים לבדיקה

תבנית הדיגום כוללת שני סוגים של נקודות: (1) 66 נקודות למדידה *in situ*, באמצעות CTD, של התפוצה המרחבית של טמפרטורה ומליחות בשטח נרחב אשר משתרע עד 2.5 ק"מ מדרום למוצאי מי הקירור ומי הרכז של מתקני ההתפלה, עד 3.5 ק"מ מערבית למוצאים ועד 2 ק"מ צפונית לבריכת מי הקירור, כמפורט בטבלה שלהלן; בנקודות אלה מתבצעות מדידות של טמפרטורה ומליחות בפני המים, בעומק 2 מטר ובסמוך לקרקעית. מערך נקודות זה מורחב לפי הצורך לקבלת מיפוי מייצג של טווח ההשפעות של ההזרמות על הטמפרטורה והמליחות של מי הים. (2) 18 נקודות מתוך 66 הנקודות הנ"ל, אשר מסומנות בקידומת RUT, שבהן מתבצעים גם פרופילי עומק של טמפרטורה ומליחות ודיגום מים וסדימנטים לבדיקות כימיות וביולוגיות כמפורט בטבלאות ובמפה שלהלן; מי הים נדגמים בכל הנקודות בפני המים (עומק 0.5 מטר), ובנקודות שעומקן יותר מ-4 מטר, גם חצי מטר מעל הקרקעית; בזמן הדיגום של מי הים נבדקים גם טמפרטורה, מליחות, חמצן מומס, עכירות ו-pH. נקודות RUT10 ו-RUT14 מול חוף זיקים נקבעו כנקודות בקרה לבדיקות בנקודות הסמוכות למוצאי מי הקירור של תחנת הכוח ומי הרכז של מתקני ההתפלה. נקודה RUT17 ממוקמת בסמוך לראשי היניקה של מתקן התפלה אשקלון.

<sup>3</sup> בשנת 2019, כשנת מעבר למתכונת המיפוי המעודכנת, כל המיפוי הבתימטרי התבצע באמצעות מד עומק מסוג חד-אלומה.

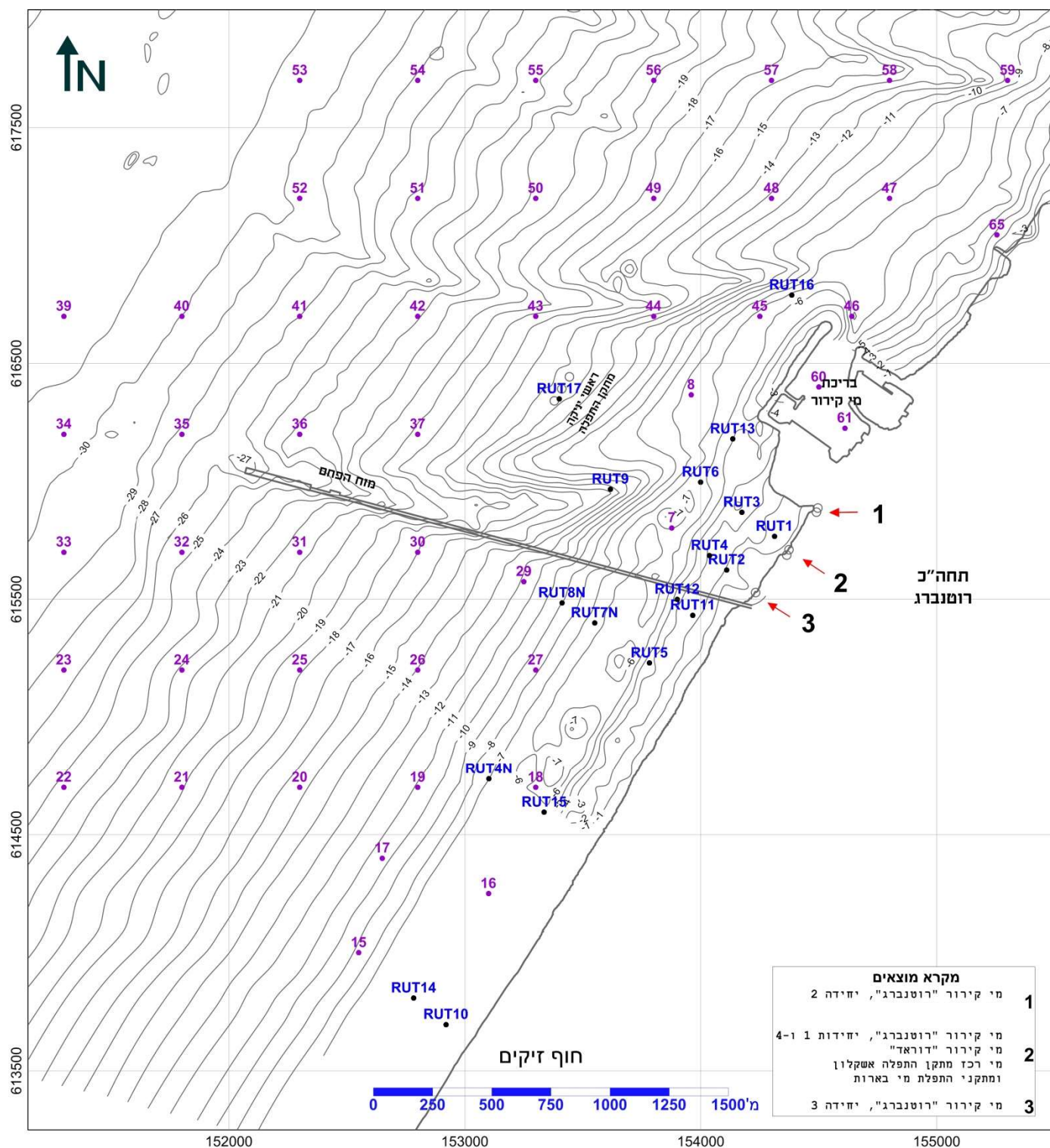
א. נקודות למדידות CTD בלבד (מיפוי התפוצה המרחבית של טמפרטורה ומליחות) :

| נקודת דיגום | רשת עולמית  |             | רשת ישראל |        | עומק (מ') | מרחק ממוצא יח' 1,4 דוראד ומי רכז התפלה (ק"מ) | כיוון מהמוצא |
|-------------|-------------|-------------|-----------|--------|-----------|----------------------------------------------|--------------|
|             | lat. N      | long. E     | E         | N      |           |                                              |              |
| 7           | 31°37.969'N | 34°30.795'E | 153877    | 615803 | 5.5       | 0.49                                         | W            |
| 8           | 31°38.274'N | 34°30.845'E | 153959    | 616367 | 9         | 0.76                                         | NNW          |
| 15          | 31°36.989'N | 34°29.963'E | 152550    | 614000 | 8.8       | 2.51                                         | SW           |
| 16          | 31°37.126'N | 34°30.310'E | 153100    | 614250 | 4.5       | 1.93                                         | SW           |
| 17          | 31°37.205'N | 34°30.025'E | 152650    | 614400 | 10.5      | 2.15                                         | SW           |
| 18          | 31°37.370'N | 34°30.435'E | 153300    | 614700 | 5.4       | 1.47                                         | SW           |
| 19          | 31°37.368'N | 34°30.119'E | 152800    | 614700 | 11        | 1.88                                         | SW           |
| 20          | 31°37.366'N | 34°29.802'E | 152300    | 614700 | 15.5      | 2.29                                         | WSW          |
| 21          | 31°37.365'N | 34°29.486'E | 151800    | 614700 | 20        | 2.75                                         | WSW          |
| 22          | 31°37.363'N | 34°29.170'E | 151300    | 614700 | 24.7      | 3.22                                         | WSW          |
| 23          | 31°37.633'N | 34°29.168'E | 151300    | 615200 | 27.5      | 3.1                                          | W            |
| 24          | 31°37.635'N | 34°29.484'E | 151800    | 615200 | 23        | 2.61                                         | WSW          |
| 25          | 31°37.637'N | 34°29.800'E | 152300    | 615200 | 18        | 2.12                                         | WSW          |
| 26          | 31°37.639'N | 34°30.117'E | 152800    | 615200 | 14        | 1.64                                         | WSW          |
| 27          | 31°37.640'N | 34°30.433'E | 153300    | 615200 | 8.8       | 1.17                                         | WSW          |
| 29          | 31°37.843'N | 34°30.400'E | 153250    | 615575 | 12        | 1.12                                         | W            |
| 30          | 31°37.909'N | 34°30.115'E | 152800    | 615700 | 17        | 1.56                                         | W            |
| 31          | 31°37.907'N | 34°29.798'E | 152300    | 615700 | 21.5      | 2.06                                         | W            |
| 32          | 31°37.906'N | 34°29.482'E | 151800    | 615700 | 25        | 2.55                                         | W            |
| 33          | 31°37.904'N | 34°29.166'E | 151300    | 615700 | 29.5      | 3.05                                         | W            |
| 34          | 31°38.174'N | 34°29.164'E | 151300    | 616200 | 30.5      | 3.09                                         | W            |
| 35          | 31°38.176'N | 34°29.480'E | 151800    | 616200 | 28        | 2.6                                          | W            |
| 36          | 31°38.178'N | 34°29.796'E | 152300    | 616200 | 24        | 2.12                                         | WNW          |
| 37          | 31°38.180'N | 34°30.113'E | 152800    | 616200 | 20        | 1.63                                         | WNW          |
| 39          | 31°38.445'N | 34°29.162'E | 151300    | 616700 | 32        | 3.21                                         | WNW          |
| 40          | 31°38.447'N | 34°29.478'E | 151800    | 616700 | 29.7      | 2.74                                         | WNW          |
| 41          | 31°38.449'N | 34°29.794'E | 152300    | 616700 | 26.5      | 2.28                                         | WNW          |
| 42          | 31°38.450'N | 34°30.110'E | 152800    | 616700 | 23        | 1.84                                         | WNW          |
| 43          | 31°38.452'N | 34°30.427'E | 153300    | 616700 | 20        | 1.45                                         | NW           |
| 44          | 31°38.454'N | 34°30.743'E | 153800    | 616700 | 15        | 1.13                                         | NNW          |
| 45          | 31°38.455'N | 34°31.028'E | 154250    | 616700 | 9.5       | 0.99                                         | N            |
| 46          | 31°38.457'N | 34°31.274'E | 154640    | 616700 | 7         | 1.04                                         | NNE          |
| 47          | 31°38.728'N | 34°31.373'E | 154800    | 617200 | 8.5       | 1.54                                         | NNE          |
| 48          | 31°38.726'N | 34°31.057'E | 154300    | 617200 | 13        | 1.49                                         | N            |
| 49          | 31°38.724'N | 34°30.741'E | 153800    | 617200 | 17        | 1.59                                         | NNW          |
| 50          | 31°38.723'N | 34°30.425'E | 153300    | 617200 | 21.5      | 1.82                                         | NW           |
| 51          | 31°38.721'N | 34°30.108'E | 152800    | 617200 | 26        | 2.15                                         | NW           |
| 52          | 31°38.719'N | 34°29.792'E | 152300    | 617200 | 29        | 2.56                                         | NW           |
| 53          | 31°38.990'N | 34°29.790'E | 152300    | 617700 | 30.5      | 2.86                                         | NW           |
| 54          | 31°38.991'N | 34°30.106'E | 152800    | 617700 | 27.5      | 2.53                                         | NW           |
| 55          | 31°38.993'N | 34°30.423'E | 153300    | 617700 | 24        | 2.25                                         | NNW          |
| 56          | 31°38.995'N | 34°30.739'E | 153800    | 617700 | 20        | 2.06                                         | NNW          |
| 57          | 31°38.997'N | 34°31.055'E | 154300    | 617700 | 17        | 1.99                                         | N            |
| 58          | 31°38.998'N | 34°31.371'E | 154800    | 617700 | 12        | 2.03                                         | N            |
| 59          | 31°39.000'N | 34°31.688'E | 155300    | 617700 | 7.5       | 2.19                                         | NNE          |
| 60          | 31°38.294'N | 34°31.187'E | 154500    | 616400 | 6         | 0.69                                         | N            |
| 61          | 31°38.200'N | 34°31.258'E | 154611    | 616226 | 4.5       | 0.56                                         | NNE          |
| 65          | 31°38.645'N | 34°31.662'E | 155255    | 617045 | 3.5       | 1.6                                          | NNE          |

ב. נקודות RUT

| נקודת דיגום | רשת עולמית |            | רשת ישראל |        | עומק (מ') | מרחק ממוצא יח' 1,4, דוראד ומי רכז התפלה (ק"מ) | כיוון מהמוצא | בדיקות                                                                |
|-------------|------------|------------|-----------|--------|-----------|-----------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------|
|             | lat. N     | long. E    | E         | N      |           |                                               |              |                                                                       |
| RUT1        | 31°37.951' | 34°31.070' | 154312    | 615767 | 1         | 0.08                                          | NNW          | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; החי בתוך המצע                       |
| RUT2        | 31°37.873' | 34°30.943' | 154110    | 615625 | 1.9       | 0.28                                          | WSW          | החי בתוך המצע                                                         |
| RUT3        | 31°38.005' | 34°30.983' | 154174    | 615869 | 3         | 0.25                                          | WNW          | איכות מי הים ; מיקרואצות ; החי בתוך המצע                              |
| RUT4        | 31°37.906' | 34°30.897' | 154037    | 615686 | 3         | 0.35                                          | W            | איכות מי הים ; החי בתוך המצע                                          |
| RUT4N       | 31°37.389' | 34°30.309' | 153102    | 614737 | 7         | 1.61                                          | SW           | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות בסדימנט                 |
| RUT5        | 31°37.658' | 34°30.737' | 153782    | 615230 | 3.5       | 0.77                                          | SSW          | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות בסדימנט ; החי בתוך המצע |
| RUT6        | 31°38.074' | 34°30.872' | 153999    | 615997 | 6.5       | 0.47                                          | NW           | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות בסדימנט ; החי בתוך המצע |
| RUT7N       | 31°37.749' | 34°30.590' | 153550    | 615400 | 6.1       | 0.89                                          | WSW          | איכות מי הים ; מתכות כבדות בסדימנט ; החי בתוך המצע                    |
| RUT8N       | 31°37.795' | 34°30.502' | 153412    | 615485 | 8.8       | 1                                             | WSW          | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות בסדימנט ; החי בתוך המצע |
| RUT9        | 31°38.057' | 34°30.630' | 153617    | 615967 | 14        | 0.8                                           | W            | איכות מי הים ; מיקרואצות ; מתכות כבדות במים                           |
| RUT10***    | 31°36.961' | 34°30.289' | 153065    | 613946 | 3         | 2.20                                          | SSW          | איכות מי הים ; החי בתוך המצע                                          |
| RUT11       | 31°37.769' | 34°30.853' | 153966    | 615433 | 2.5       | 0.5                                           | SW           | איכות מי הים ; החי בתוך המצע                                          |
| RUT12       | 31°37.805' | 34°30.811' | 153900    | 615500 | 3         | 0.53                                          | SW           | איכות מי הים ; מתכות כבדות בסדימנט ; החי בתוך המצע                    |
| RUT13       | 31°38.174' | 34°30.957' | 154135    | 616180 | 4.5       | 0.52                                          | NNW          | איכות מי הים ; החי בתוך המצע                                          |
| RUT14       | 31°36.885' | 34°30.111' | 152783    | 613808 | 6         | 2.49                                          | SW           | איכות מי הים ; מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות בסדימנט ; החי בתוך המצע |
| RUT15       | 31°37.313' | 34°30.458' | 153336    | 614594 | 5.5       | 1.535                                         | SW           | מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות בסדימנט                                |
| RUT16       | 31°38.504' | 34°31.113' | 154027    | 614772 | 6.8       | 1.055                                         | N            | מתכות כבדות במים ; מתכות כבדות בסדימנט                                |
| RUT17       | 31°38.263' | 34°30.491' | 153400    | 616350 | 15        | 1.16                                          | NNW          | איכות מי הים ; מיקרואצות                                              |

מפת נקודות הדיגום של ניטור הזרמות מים חמים ומי רכו התפלה. הנקודות למדידות CTD בלבד מסומנות בסגול. בנקודות RUT מתבצעות בדיקות כמפורט בטבלה לעיל.



## תדירות הבדיקות

| תוֹךְ  | פרמטר                                                                                            | תדירות                                 | הערות                                                                                                               |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| מי הים | מידות in situ באמצעות CTD (טמפרטורה, מליחות, עכירות, pH)                                         | פעמיים בשנה (אביב וסתו)                |                                                                                                                     |
|        | איכות מי הים: טמפרטורה, מליחות, חמצן מומס, חומר מרחף, TOC                                        | פעמיים בשנה (אביב וסתו)                |                                                                                                                     |
|        | איכות מי הים: נוטריאנטים (ניטראט+ניטריט, אמוניום, חנקן כללי, זרחן כללי, חומצה סיליצית), כלורופיל | ארבע פעמים בשנה (חורף, אביב, קיץ, סתו) | ניטור ארבע פעמים בשנה נדרש רק מחברת "מקורות" עקב ההזרמה לים של עומס גבוה של ניטראט                                  |
|        | מתכות כבדות במי הים (ריכוזים כלליים)                                                             | פעמיים בשנה (אביב וסתו)                | נדרש פעמיים בשנה ממפעל אינטל אלקטרוניקה, פעם בשלוש שנים ממתקן התפלה אשקלון ופעם בחמש שנים מתחנות הכח רוטנברג ודוראד |
|        | מיקרואצות                                                                                        | פעמיים בשנה (אביב וסתו)                | נדרש רק מחברת "מקורות" עקב ההזרמה לים של עומס גבוה של ניטראט                                                        |
| סדימנט | גרנולומטריה (1)                                                                                  | פעם בשנתיים                            | פעמיים בשנת ניטור (אביב וסתו)                                                                                       |
|        | מתכות כבדות ו-TOC (2)                                                                            | פעם בשנתיים                            | פעם אחת בשנת ניטור (סתו)                                                                                            |
|        | החי בתוך המצע (3)                                                                                | פעם בשנתיים                            | פעמיים בשנת ניטור (אביב וסתו)                                                                                       |

הערות: (1) דיגום בצלילה של 5 ס"מ עליונים; (2) דיגום בצלילה באמצעות גלעינים באורך 12 ס"מ, נבדק 1 ס"מ העליון; (3) דיגום בצלילה של 7 ס"מ עליונים באמצעות Core בקוטר 10 ס"מ מכוסה ברשת בגודל עין של 250 מיקרון – 3 חזרות בכל נקודת דיגום.

### 2.3 ניטור השפעות אפשריות של מזח הפחם של תחנת הכח רוטנברג

בשנים 2005, 2010, 2015 בוצע ניטור שכלל בדיקות של תכולת פחם, ריכוזי מתכות כבדות ואוכלוסיות החי בתוך המצע בסדימנטים ב-10 נקודות דיגום מדרום ומצפון למזח הפחם (מסומנות במפה להלן). לאור תוצאות הניטור הוחלט על שינוי תכנית הניטור החל משנת 2020 כלהלן: בדיקה באביב ובסתו של תכולת הפחם הכללית בדגימות סדימנט (3 חזרות בכל מועד דיגום) במרחק שלא יעלה על 150 מ' צפונית לנקודת פריקת הפחם במזח. במקרה שבאחד ממועדי הניטור יתקבל ממצא של תכולת פחם של יותר מ-10%, אשר מעיד על אירוע נפילת פחם חדש לים, יבוצע דיגום חוזר בהתאם לתכנית הדיגום הקודמת (10 נקודות דיגום), אשר יכלול רק בדיקה של תכולת הפחם, על מנת לקבוע את גודל השטח שהושפע מהאירוע. תדירות הניטור - פעם בחמש שנים (החל מ-2020).

### 3. פירוט השינויים בתכנית הדיגום והבדיקות מאז שנת 2007

בשנת 2003 הוכן ואושר ע"י המשרד להגנת הסביבה עדכון של תכנית ניטור רוטנברג המקורית שהתייחס גם להזרמה העתידית של מי רכז ממתקן התפלה אשקלון שהחל לפעול בשנת 2005. בשנת 2007 הוכן ואושר ע"י המשרד להגנת הסביבה עדכון של תכנית הניטור. להלן פירוט השינויים בתכנית הדיגום שנקבעו ע"י המשרד להגנת הסביבה מאז העדכון של 2007.

| שנה  | השינויים בתכנית הדיגום והבדיקות                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2008 | ביצוע בדיקות מי ים במעבדה מתמחה; ביטול בדיקת פיאופיטין במי הים; החלפת בדיקת חנקן קלדאל במי הים בבדיקת חנקן אורגני; שינויים בבדיקות מתכות במי הים.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2009 | ביטול בדיקת BOD במי הים ובהמשך החזרת הבדיקה; הוספת בדיקות חמצן במי הים ארבע פעמים בשנה (במקביל לבדיקות איכות מי הים); החלפת בדיקת חנקן אורגני בבדיקת חנקן כללי; בדיקת הריכוזים הכלליים של מתכות כבדות במי הים פעם בשלוש שנים במקום פעמיים בשנה; שינויים בתחנות הדיגום בהן מבוצעות בדיקות של מתכות בחומר מרחף ובדיקות של מתכות בסדימנטים; שינוי המיקום של נקודות דיגום 4, 7, 8 (מאז השינוי הנקודות נקראות 4N, 7N, 8N); ביטול בדיקת מתכות בחי על המצע (בוצע לאחרונה ב-2008). הוספת מיקום צנרות ימיות במפות בתימטריות. |
| 2009 | שינויים אשר חלים רק על ניטור הזרמת המים החמים מתחנת כח רוטנברג ולא על ניטור מתקני ההתפלה וניטור מזח הפחם: בדיקת הריכוזים הכלליים של מתכות כבדות במי הים פעם בחמש שנים; בדיקת איכות הסדימנט פעם בחמש שנים באביב; בדיקת החי בתוך המצע פעם בחמש שנים באביב ובסתו.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2011 | דיגום הסדימנט לבדיקת החי בתוך המצע בשלוש חזרות במקום שש חזרות; בדיקת מתכות ספוחות לחלקיקים במי הים פעמיים בשנה במקום ארבע פעמים.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2012 | שינוי שיטת ההערכה של שינויים בקו החוף.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2013 | ביטול בדיקת ריכוז חומר מרחף ועכירות במי הים בעונות החורף והקיץ; הוספת בדיקת מיקרואצות פעמיים בשנה באביב ובסתו (בהקשר להזרמות נוטריאנטים ממתקני התפלת מי בארות של "מקורות").                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2014 | צמצום בדיקת מתכות ו-TOC בסדימנט לפעם בשנה (בסתו) במקום פעמיים בשנה.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2015 | הפסקת דיגום החי על המצע (אושר שוב ב-2018) (בוצע לאחרונה באביב 2015 במסגרת ניטור מזח הפחם).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2016 | ביטול בדיקת BOD במי הים; בדיקת מעבר לניטור מיקרואצות בגוף המים באמצעות Flow cytometry ו-HPLC במקום זיהוי מיקרוסקופי וספירה (היה אמור להתבצע ע"י חיא"ל החל מ-2017 אבל לא בוצע עקב קשיים בביצוע הבדיקה).                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2017 | ביצוע ניטור קו החוף באמצעות תצלומי אוויר פעם בחמש שנים במקום כל שנה; ביטול בדיקת החי בתוך המצע והסדימנט בנקודה RUT9 (החי בתוך המצע נבדק לאחרונה 2016; מתכות בסדימנט נבדקו לאחרונה 2015).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2018 | ביצוע בדיקת מתכות (ריכוזים כלליים) במי הים פעם בחמש שנים (בוצע לאחרונה 2017). ביצוע בדיקת מתכות בסדימנטים פעם בשנתיים (בוצע לאחרונה 2017). ביצוע בדיקת החי בתוך המצע פעם בשנתיים, באביב ובסתו של שנת הבדיקה (בוצע לאחרונה 2017). הרחבת מערך הנקודות לבדיקת CTD באופן גמיש כך שיאפשר מיפוי מייצג של טווח ההשפעות של ההזרמות על הטמפרטורה והמליחות של מי הים. הוספה בכל דוח שנתי של ניתוח מגמות רב שנתי של ריכוזי נוטריינטים במי הים בדגש על ניטראט וניטריט, חנקן כללי וחומצה סיליצית (בוצע כהשלמה לדוח 2017).        |
| 2019 | ביצוע בדיקת מתכות (ריכוזים כלליים) במי הים כל שנה (פעמיים בשנה) בהקשר להזרמה של תמלחות תעשייתיות ממפעל אינטל אלקטרוניקה. ביטול בדיקת מתכות כבדות בחומר מרחף (בוצע לאחרונה 2018). עדכון תכנית הניטור הבתימטרי – טופוגרפי כמפורט במכתב המשרד להגנת הסביבה מ-28.10.2019 (ראו להלן).                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2020 | עדכון תכנית ניטור מזח הפחם כמפורט במכתב המשרד להגנת הסביבה מ-12.1.2020 (ראו להלן).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2021 | ביצוע בדיקת אחוז פחם בסדימנט פעם בחמש שנים כמפורט במכתב המשרד להגנת הסביבה מ-11.7.2021 (ראו להלן) (בוצע לאחרונה 2020).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

## אישורי המשרד להגנת הסביבה לשינויים בתכנית הניטור החל משנת 2017



א' סיון תשע"ח  
15 מאי 2018

לכבוד  
כפ"ר אברמזון, מנהל מעבדה ימית, חברת החשמל  
רני מאירוביץ, וי.איי.די חברה להתפלח בע"מ  
דניאל יפה, דוראד אנרגייה בע"מ  
אלי כהן, מקורות חברת מים בע"מ

שלום רב,

### הנדון: דו"ח הניטור לשנת 2017

סימוכין: היתר הזרמה 48/2013 חברת החשמל רוטנברג; היתר הזרמה 7/2018 וי.איי.די חברה להתפלח בע"מ; היתר הזרמה 16/2017 דוראד אנרגייה בע"מ; היתר הזרמה 37/2017 מקורות חברת מים בע"מ; דוח ניטור הסביבה הימית לשנת 2017

דו"ח הניטור שבסימוכין הוגש למשרדנו בסוף חודש אפריל 2018. הדו"ח נבדק. להלן דרישה להשלמות ומענה להמלצות הדו"ח. הדו"ח נשלח לבדיקה אצל יועץ המשרד לנושאי בטיחות והידרוגרפיה. הערות בנושאים אלה תישלחנה בהמשך.

### השלמות

- הנכם נדרשים להוסיף לדו"ח ניתוח מגמות רב שנתי של ריכוזי נוטריינטים במי הים, בדגש על ניטראט וניטריט, חנקן כללי וחומצה סיליצית. ניתן להגיש את הניתוח השנה בנפרד מהדו"ח עצמו, אך יש להקפיד לבצע ניתוח זה במסגרת דוחות הניטור בשנים הבאות. יש להגיש את הניתוח הנדרש עד 31.07.2018.
- מדידות ה-CTD בסתיו 2017 הצביעו על מצב בו מי הקירור והתמלחת נעים צפונה ונשאבים בחזרה לתוך בריכת ההשקטה, שם הם נשאבים לתוך מערכת הקירור וחוזר חלילה. עליכם לפרט בדו"ח נפרד האם תופעה זו שכיחה, פרוט שכיחותה ומה השפעתה של תופעה זו על הטמפרטורה והמליחות בסמוך למוצאים ועל תפעול המתקנים – לביצוע עד 31.07.2018.

### מענה להמלצות הדו"ח

- ניתן אישור להפחית את תדירות בדיקת כלל המתכות בסדימונט לפעם בשנתיים, זאת לאור ממצאי הניטור הרב שנתי שאינם מצביעים על הצטברות בקרקעית. הניטור הבא: 2019
- ניתן אישור לאחד את הדרישה לבדיקת מתכות במי ים לפעם בחמש שנים. הניטור הבא: 2022
- ניתן אישור לבצע את בדיקת החי תוך המצע בתדירות של אחת לשנתיים בשתי עונות (אביב וסתיו). הניטור הבא: 2019. לחילופין ניתן לבצע את הניטור בשנה בה לא נעשה ניטור זה באורות רבין, בו גם עלתה התדירות לאחת לשנתיים.
- ניתן אישור להרחיב את מערך הנקודות לבדיקת ה-CTD באופן גמיש כך שיאפשר מיפוי מייצג של טווח השפעת ההזרמות על הטמפרטורה והמליחות של מי הים.
- לא ניתן אישור לבטל את בדיקות הכלור במי הים.

בברכה,

ד"ר דורון צוראל

מרכז מדעי לניטור ומחקר בים

י' אייר תשע"ט  
15 מאי 2019

לכבוד  
מר כפיר אברמזון, מנהל מעבדה ימית, חברת החשמל  
מר רני מאירוביץ, מנכ"ל, חברת VID  
מר דניאל יפה, דוראד אנרגיה בע"מ  
מר אלי כהן, מנכ"ל, מקורות חברת מים בע"מ

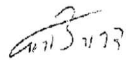
שלום רב,

הנדון: **אישור ביטול בדיקת מתכות בחומר מרחף בניטור הימי סביב מוצאי מי הקירור והתמלחת - "רוטנברג"**  
סימוכין: היתר הזרמה 12/2019 חברת החשמל רוטנברג; היתר הזרמה 7/2018 וי.איי.די.י. חברה להתפלה בע"מ;  
היתר הזרמה 16/2017 דוראד אנרגיה בע"מ; היתר הזרמה 37/2017 מקורות חברת מים בע"מ; דו"ח ניטור  
הסביבה הימית לשנת 2018

דו"ח הניטור שבסימוכין התקבל במשרדנו ונמצא בבדיקה.

על מנת לאפשר לצוות הניטור להתארגן לניטור האביב הקרוב, התבקשתי לתת מענה בנוגע להמלצתכם בדו"ח  
בנוגע לביטול בדיקת המתכות בחומר מרחף במי הים.  
ממצאי דוחות הניטור עד כה אינם מצביעים על חריגות בריכוזי המתכות מעבר לריכוזן הטבעי במי הים בשטח  
הניטור. אני מאשר את ביטול בדיקת ריכוזי המתכות בחומר המרחף במי הים.  
במקרה של שינוי במשטר ההזרמה של אחד מבעלי ההיתרים הדרישה לבדיקה זו תיבחן מחדש.  
הערות נוספות/אישור הדו"ח וכן התייחסות לשאר המלצות הדו"ח יישלחו לאחר סיום הבדיקה.

בברכה,



ד"ר דורון צוראל  
מרכז מדעי לניטור ומחקר בים  
היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית

#### העתיקים

מר רני עמיר, מנהל היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
מר פרד ארזואן, סגן מנהל היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
ד"ר אילן מלסטר, ממונה מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית  
ד"ר איריס ספראי, ממונה מניעת זיהום הים משפכים תעשייתיים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית  
גב' פיליס מאיר, מהנדסת איכות הסביבה, אתר רוטנברג, חברת החשמל  
גב' אלה קוטלר, מנהלת המחלקה למניעת מפגעים ורישוי סביבתי, חברת החשמל  
מר פטריק פרטוש, מנהל יחידת אספקת מים נגב צפוני, מקורות חברת המים  
מר שי דרייזין, חברת ADOM (חברת התפעול)  
מר אלכס רוסומחו, חברת ADOM (חברת התפעול)  
פרופ' יובל כהן, יועץ למפעלים  
גב' איילת מילר, צוות ניטור ימי, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה

**From:** דרור צוראל Dror Zurel  
**Sent:** Wednesday, March 20, 2019 1:56 PM  
**To:** 'Bar-el, Yotvat' <yotvat.bar-el@intel.com>  
**Subject:** RE: שאלה לגבי תוכנית ניטור ימית

שלום יטבת,  
לאחר שיחה עם היועץ של חברת החשמל ובדיקת הנושא לעומק, שוכנעתי שסולפאט אינו מהווה בעיה בסביבה הימית ואין צורך להוסיפו לתוכנית הניטור.  
הפרמטרים שתידרשו לנטר, בהתאם להיתר ההזרמה לים שלכם, הם:  
ניטראט, אמוניה, ניטריט, חנקן כללי, TOC, זרחן וסריקת מתכות ICP.

במידה וממצאי בדיקות החטף שלכם הנדרשות בהתאם להיתר ההזרמה יעידו על נוכחות מזהמים נוספים (לדוגמה דטרגנטים ו-BTX) תידרשו להוסיף פרמטרים אלה גם לניטור הימי.

בברכה,  
ד"ר דרור צוראל  
מרכז מדעי לניטור ומחקר בים  
היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית  
המשרד להגנת הסביבה





כ"ט בתשרי, תש"פ  
28 באוקטובר, 2019

לכבוד  
כפיר אברמזון  
מנהל המעבדה הימית  
חברת החשמל לישראל  
שלום רב,

**הנדון: עדכון דרישות לניטור בתימטרי-טופוגרפי בסביבת ההשפעה של המתקנים הימיים של החברה**  
סימוכין: תוכניות ניטור הסביבה הימית סביב תחנות הכוח החופיות;  
פגישת חח"י והמשרד להגנת הסביבה מיום 22.10.2019

במסגרת תוכניות הניטור שבסימוכין נדרשה חברת החשמל לישראל (להלן חח"י) לבצע עבודות מיפוי בתימטרי וטופוגרפי. מטרת מיפוי זה הינה מעקב רב שנתי אחר השינויים בקרקעית הים ובקו החוף הנגרמים בשל השפעת המבנים הימיים של חברת החשמל, דוגמת בריכות ההשקטה, מזחי הפחם והצנרות הימיות.

לבקשתי, בוצעה לאחרונה בחינה מחודשת של ממצאי דוחות הניטור ע"י יועץ המשרד להגנת הסביבה לנושא תהליכים חופיים. בחוות דעתו נכתב כי ממצאי הניטור מצביעים ככלל על התייצבות קו החוף וקרקעית הים בסביבת המבנים הימיים ולכן אין צורך בהמשך המיפוי הנרחב שנעשה כבר שנים רבות.

עם זאת, ניכרים בכל שנה שינויים מורפולוגיים מקומיים ומצומצמים בהיקפם, הנוצרים כתוצאה מהמבנים הימיים ואשר יש להם משמעות סביבתית. לאור מסקנות אלה הומלץ לצמצם משמעותית את פעילות המיפוי ולמקד אותה בסביבתה הקרובה של המבנים והמתקנים הימיים.

להלן ההנחיות החדשות לביצוע המיפוי במסגרת תוכניות הניטור:

1. **שיטת המיפוי:** המיפוי הימי יבוצע, ככלל, באמצעות מד עומק מסוג רב-אלומה (multi-beam) ובגבולות שיוגדרו בסעיפים שלהלן. בקרבת קו החוף, באזורים שבין עומקי מים של כ-4-5 מ' לבין כ-1.0-1.5 מ', יש לשקול את השימוש במד עומק מסוג חד-אלומה (single-beam) על פני רב-אלומה. במקרה של שימוש במד עומק מסוג חד-אלומה, תתבצע המדידה בחתכים ניצבים לחוף, במרווחים של 20 מ', וימופו מספר קווי בקרה במקביל לקו החוף. המיפוי הימי יושלם על ידי מיפוי גיאודטי (טופוגרפי) שיבצע מודד מוסמך, מאזור מי אפסיים (עומק כ-1.5 מ' מתחת ל"אפס איזון ארצי") ועד גובה טופוגרפי של 3+ מ' מעל "אפס איזון ארצי", ברצועת החוף. כלל המיפוי הימי יבוצע על פי התקן ההידרוגרפי המאושר על ידי ה-IHO.

כלל המידע הגולמי שייאסף במדידות השונות, בכלל זה נקודות העומק, נתיבי המיפוי, נקודות הבקרה, הכיולים השונים שבוצעו במהלך המדידה וכיו"ב, יצורפו כאסופת קבצים למפה המשולבת.

2. **תדירות המיפוי:** המיפוי יבוצע כל חמש שנים, אלא אם במהלך חמש השנים יתרחשו אירועים חריגים העלולים לגרום לשינוי משמעותי בקרקעית הים בסביבת המבנים, כגון סערות גלים קיצוניות.

3. **סקר צלילה:** בנוסף למיפוי, ייערך סקר צלילה באזורים בהם הצנרת גלויה על פי ממצאי המיפוי. הסקר יכלול:



3.1 צילום (וידאו וסטילס) תת-ימי של קרקעית הים, לאורך תוואי הצינורות (לפחות 5 מ' מכל צד של התוואי).

3.2 תיאור מילולי (בגוף הסרטון או בנפרד) המתאר את הנצפה בו.

3.3 תיאור מילולי נפרד של פרטי הסקר: מועד ביצוע, שם המבצע, מיקום, עומק, פירוט של פרטים מיוחדים אם נצפו. תיאור הסקר, ממצאיו והמלצות הסוקר (אם ישנן) יסוכמו בפרק נפרד בדוח הניטור.

4. **תקופת מעבר:** כיום, חברת החשמל מבצעת את המיפוי באמצעות מד עומק מסוג חד-אלומה. על מנת לאפשר לחברת החשמל להיערך לשינוי שיטת המיפוי, ניתן לבצע את המיפוי בדו"ח ניטור 2019 בעזרת מד עומק זה, אך יש לצופף את שריג קווי הסריקה של העומקים למרווחים של 10 מ' באזורי העניין שהוגדרו בישיבה שהתקיימה במשרדנו ביום 22/10/2019. כמו כן יש לאמת את הממצאים ע"י סקר וידאו בצלילה על פי ההנחיות בסעיף 3 לעיל.

5. במהלך הישיבה לעיל דיווחו נציגי חח"י כי השנה כבר בוצע מיפוי של קרקעית הים בסביבת צנרות הדלק בחדרה, אשדוד ורידינג באמצעות מד עומק מסוג רב-אלומה. לאור הודעת חח"י, יכלול דו"ח הניטור לשנת 2019 את ממצאי המיפויים וכן סקר צלילה בקטעים בהם הצנרת חשופה על פי ממצאי המיפוי. בשנת 2020 יבוצע מיפוי על פי ההנחיות החדשות.

#### 6. הנחיות לתוכנית ניטור בתימטרי לאזור תחנת הכוח "רוטנברג"

- גבולות המיפוי: (צפון-דרום) ממרחק של 500 מ' מדרום למזח הפחם ועד 1,000 מ' מצפון לשובר הגלים המשני של נמל קצא"א; (מזרח-מערב) מגובה טופוגרפי של 3 מ' מעל אפס איזון ארצי בחוף ועד עומק מים 15 מ'.
- מיפוי מזח הפחם: רצועה שרוחבה 500 מ' משני צדי מזח הפחם והדולפין בקצהו.
- חפירת תחזוקה - בהנחה והתקיימה במהלך שנת הניטור חפירת תחזוקה, יש לצרף לתוכנית הניטור מפה מצבית של עומקי קרקעית הים בשטח נמל קצא"א וסביבתו לפני החפירה ובסיומה. כמו כן, יש לצרף מפה הפרשית המראה את נפחי החול שנחפרו (הנחיות להכנת המפות ימסרו בהמשך).

4.....

בברכה,

ד"ר דרור צוראל

מרכז מדעי לניטור ומחקר בים

#### העתיקים

רני עמיר, מנהל היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
פרד ארזואן, סגן מנהל היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
מעין חיים, מהנדסת סביבה חופית, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
ד"ר איריס ספראי, ממונה מניעת זיהום ים משפכים תעשייתיים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
ד"ר אילן מלסטר, ממונה מניעת זיהום ים ממקורות יבשתיים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
גידי בטלהיים, מרכז הוועדה למתן היתרי הטלה לים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
ד"ר דב צביאלי, יועץ המשרד להגנת הסביבה לתהליכים חופיים וימיים  
פרופ' יובל כהן, יועץ חברת החשמל

<sup>4</sup> המכתב כולל גם הנחיות למיפוי בתחנות הכח החופיות האחרות של חברת החשמל שלא מוצגות כאן.

ט"ו טבת תש"פ  
12 ינואר 2020

לכבוד  
כפיר אברמזון  
מנהל המעבדה הימית  
חברת החשמל לישראל

שלום רב,

הנדון: עדכון דרישות לניטור מזחי הפחם של חברת החשמל  
סימוכין: תוכנית ניטור הסביבה הימית סביב תחנות הכוח רוטנברג ואורות רבין;  
חוות דעתו של פרופ' יובל כהן מיום 5/1/2020

במסגרת תוכניות הניטור שבסימוכין, הנדרשת כחלק מרישיון העסק של מזחי הפחם, נדרשה חברת החשמל לישראל (להלן "ח"ח") לבצע ניטור של השפעות פריקת הפחם במזחי הפחם של תחנות הכוח על הסביבה הימית. כפי שנכתב בחוות דעתו של פרופ' יובל כהן שבסימוכין, ממצאי פרק זה בתוכנית הניטור לא הצביעו עד היום על השפעה ניכרת על הסביבה הימית, למעט מתחת למזח ועד מרחק של כ-160 מ' צפונה לו.

אינני מסכים עם קביעתו של פרופ' כהן כי ממצאי הניטור שוללים באופן חד משמעי השפעה של נשירת הפחם על הסביבה הימית. כידוע לך, האזור הממוקם ישירות תחת המזח של תחנת הכוח אורות רבין הוגדר על ידי הביולוג הימי שלכם כאזור רגיש במיוחד מבחינה אקולוגית, זאת בשל משיכתם הטבעית של בעלי חיים ימיים למבנים בים המספקים מחסה, וכן בשל איסור הדיג תחת המזח שאפשר התפתחות של חברת חי ייחודית. השפעת הפחם על חברת חי זו מעולם לא נבדקה במסגרת תוכניות הניטור, אשר בוצעה במרחק של 140 מ' ומעלה מצפון ומדרום למזחים. עם זאת, שוכנעתי כי גם אם ישנה השפעה, תוכנית הניטור הקיימת סביב המזחים אינה מתאימה למעקב אחריה.

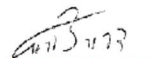
אני מאשר את המלצתו של פרופ' כהן לעדכון תוכנית הניטור סביב המזחים:

החל משנת 2020 יש לבצע בדיקה באביב ובסתיו של תכולת הפחם הכללית בדגימות סדימנט (3 חזרות בכל מועד דיגום) במרחק שלא יעלה על 150 מ' צפונית לנקודת פריקת הפחם במזח. במקרה של קבלת ממצא של למעלה מ-10% פחם באחד ממועדי הניטור, ממצא אשר מעיד על אירוע נפילת פחם חדש לים, יש לבצע דיגום חוזר בהתאם לתוכנית הדיגום הקודמת. דיגום זה יכלול רק את אנליות אחוז הפחם, זאת על מנת לקבוע את גודל השטח שהושפע מאירוע זה. כמו כן יש לדווח ישירות ליחידה הארצית להגנת הסביבה הימית עם קבלת ממצא חריג זה.

תדירות ניטור זה תיקבע בהתאם לממצאי הניטור הקרוב בכל אחד משני מזחי הפחם, ובהתאם להתקדמות המעבר של התחנות מפחם לגז טבעי.

אישור זה אינו מבטל את הדרישה לנטר את שאר הפרמטרים בים, כפי שקיימים בתוכנית הניטור המאושרת.

בברכה,

  
ד"ר דרור צורא

מרכז מדעי לניטור ומחקר בים



המשרד להגנת הסביבה

פל-ים 15 א', ת.ד. 811 חיפה 31007 | טל': 04-8633511 | פקס: 04-8633520  
[www.sviva.gov.il](http://www.sviva.gov.il) [hofim@sviva.gov.il](mailto:hofim@sviva.gov.il)  
15:28 12/01/2020 עמוד 1 מתוך 2

#### העתיקים

רני עמיר, מנהל היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
פרד ארוזאן, סגן מנהל היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
מעין חיים, מהנדסת סביבה חופית, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
ד"ר איריס ספראי, ממונה מניעת זיהום ים משפכים תעשייתיים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
ד"ר אילן מלסטר, ממונה מניעת זיהום ים ממקורות יבשתיים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
גדיי בטלהיים, מרכז הוועדה למתן היתרי הטלה לים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
ד"ר דב צביאלי, יועץ המשרד להגנת הסביבה לתהליכים חופיים וימיים  
פרופ' יובל כהן, יועץ חברת החשמל

ב' אב תשפ"א  
11 יולי 2021

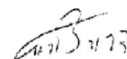
לכבוד  
כפיר אברמזון, מנהל המעבדה הימית, מחלקת אסדרה סביבתית, חברת השמל  
שלום רב,

הנדון: אישור ביצוע בדיקת אחוז פחם בסדימנט אחת לחמש שנים  
סימוכין: היתר הורטה לים 2019\12 תחנת כוח רוטנברג; דו"ח ניטור הסביבה הימית לשנת 2020

לאור ממצאי אנליזת הפחם בסדימנט בדו"ח הניטור שבסימוכין אני מאשר את המלצתכם להגדיל את תדירות בדיקה  
זו לאחת לחמש שנים.

במידה ויימצא בעתיד כי ישנה עליה בריכוז הפחם בסדימנט, או במקרה שיהיה אירוע שפיכת פחם לים, תישקל חזרה  
לתדירות שנתית.

בברכה,



ד"ר דרור צוראל  
מרכז מדעי לניטור ומחקר בים  
היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית  
המשרד להגנת הסביבה

העתיקים:

רני עמיר, מנהל היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
פרד ארזואן, סגן מנהל היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה  
ד"ר איריס ספראי, ממונה מניעת זיהום הים משפכים תעשייתיים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית  
מייסא ענבתאוי, מרכז מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים, היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית  
אלה קוטלר, מנהלת מחלקת אסדרה סביבתית, חברת חשמל לישראל  
פרופ' יובל כהן, יועץ המפעלים

## **נספח ב'**

### **נתוני הזרמה לים של הגורמים המנוטרים בשנת 2021**

- **הזרמות שנתיות**
- **הזרמות בתקופות הניטור**

## חברת החשמל לישראל

הנתונים נמסרו ע"י פיליס מאיר, מהנדסת איכות הסביבה, תח"כ רוטנברג  
(מתוך דו"ח הזרמות לים שהוגש למשרד להגנת הסביבה)

| 2021   |      |             |       |      | טמפרטורת מי ים מעלות צלזיוס |       |      |             |       |      |             |       |      |
|--------|------|-------------|-------|------|-----------------------------|-------|------|-------------|-------|------|-------------|-------|------|
| חודש   | שבוע | יח' 1 כניסה | יציאה | הפרש | יח' 2 כניסה                 | יציאה | הפרש | יח' 3 כניסה | יציאה | הפרש | יח' 4 כניסה | יציאה | הפרש |
| ינואר  | 1    | 20.5        | 25.9  | 5.4  | 21.1                        | 28.8  | 7.7  | 20.8        | 25.4  | 4.7  | 21.0        | 21.4  | 0.4  |
|        | 2    | 21.3        | 26.2  | 4.9  | 22.0                        | 29.5  | 7.5  | 21.6        | 26.2  | 4.6  | 21.8        | 28.1  | 6.3  |
|        | 3    | 21.1        | 25.7  | 4.6  | 21.6                        | 29.2  | 7.5  | 21.6        | 26.4  | 4.8  | 21.6        | 26.3  | 4.7  |
|        | 4    | 17.9        | 24.3  | 6.4  | 18.5                        | 28.8  | 10.2 | 18.1        | 24.4  | 6.2  | 18.3        | 18.1  | -0.2 |
|        | 5    | 20.2        | 25.6  | 5.4  | 20.9                        | 29.3  | 8.4  | 20.6        | 25.9  | 5.4  | 20.8        | 26.2  | 5.4  |
| פברואר | 1    | 19.5        | 24.0  | 4.5  | 20.2                        | 28.8  | 8.6  | 19.8        | 24.8  | 5.0  | 19.9        | 23.5  | 3.6  |
|        | 2    | 19.1        | 24.1  | 4.9  | 19.8                        | 22.3  | 2.5  | 19.4        | 24.7  | 5.3  | 19.6        | 25.0  | 5.4  |
|        | 3    | 19.0        | 23.8  | 4.8  | 19.7                        | 26.9  | 7.2  | 19.2        | 24.3  | 5.1  | 19.4        | 24.3  | 4.9  |
|        | 4    | 17.9        | 26.6  | 8.7  | 18.4                        | 32.8  | 14.3 | 18.2        | 24.4  | 6.2  | 18.3        | 23.8  | 5.4  |
|        | 5    | 18.4        | 23.3  | 4.9  | 19.1                        | 29.5  | 10.4 | 18.6        | 23.8  | 5.2  | 18.9        | 24.6  | 5.8  |
| מרץ    | 1    | 18.5        | 23.6  | 5.1  | 19.2                        | 29.5  | 10.3 | 18.8        | 24.9  | 6.1  | 19.0        | 25.2  | 6.2  |
|        | 2    | 18.4        | 23.5  | 5.1  | 19.0                        | 29.4  | 10.3 | 18.6        | 18.7  | 0.1  | 18.8        | 25.1  | 6.3  |
|        | 3    | 18.5        | 27.1  | 8.6  | 19.1                        | 27.0  | 7.9  | 18.7        | 18.6  | -0.2 | 19.0        | 24.1  | 5.1  |
|        | 4    | 19.4        | 30.0  | 10.6 | 19.9                        | 27.5  | 7.6  |             |       |      | 19.7        | 22.6  | 2.9  |
|        | 5    | 20.0        | 31.7  | 11.7 | 20.6                        | 31.1  | 10.5 |             |       |      | 20.5        | 26.8  | 6.3  |
| אפריל  | 1    | 20.7        | 25.2  | 4.5  | 20.5                        | 32.0  | 11.5 |             |       |      | 21.2        | 27.1  | 5.9  |
|        | 2    | 19.7        | 24.2  | 4.5  | 19.5                        | 30.1  | 10.6 |             |       |      | 20.1        | 25.7  | 5.5  |
|        | 3    | 19.9        | 24.6  | 4.7  | 19.8                        | 28.2  | 8.4  |             |       |      | 20.4        | 23.1  | 2.7  |
|        | 4    | 20.5        | 25.1  | 4.6  | 20.4                        | 28.7  | 8.4  |             |       |      | 21.8        | 22.3  | 0.4  |
|        | 5    | 21.7        | 26.2  | 4.5  | 21.6                        | 29.9  | 8.3  | יחידה       |       |      | 22.2        | 25.3  | 3.2  |
| מאי    | 1    | 21.6        | 21.0  | -0.6 | 22.2                        | 29.8  | 7.7  |             |       |      | 22.2        | 28.1  | 5.9  |
|        | 2    | 24.4        | 23.3  | -1.1 | 24.8                        | 32.7  | 7.9  | מופסקת      |       |      | 24.9        | 30.6  | 5.7  |
|        | 3    | 25.1        | 24.0  | -1.2 | 25.7                        | 33.3  | 7.6  |             |       |      | 25.8        | 30.0  | 4.2  |
|        | 4    | 25.1        | 24.3  | -0.8 | 25.8                        | 33.9  | 8.2  |             |       |      | 25.7        | 31.7  | 6.0  |
|        | 5    | 25.4        | 24.5  | -0.9 | 27.9                        | 35.4  | 7.5  |             |       |      | 28.1        | 33.8  | 5.7  |
| יוני   | 1    | 26.3        | 24.2  | -2.0 | 27.7                        | 36.3  | 8.6  |             |       |      | 28.4        | 34.1  | 5.7  |
|        | 2    | 27.2        | 27.5  | 0.4  | 27.1                        | 35.8  | 8.7  |             |       |      | 28.0        | 33.7  | 5.7  |
|        | 3    | 24.9        | 30.7  | 5.8  | 25.0                        | 33.5  | 8.5  |             |       |      | 25.7        | 31.4  | 5.7  |
|        | 4    | 28.7        | 34.5  | 5.8  | 28.8                        | 37.3  | 8.5  |             |       |      | 29.5        | 35.3  | 5.7  |
|        | 5    | 28.6        | 34.8  | 6.2  | 28.7                        | 38.5  | 9.9  |             |       |      | 29.5        | 36.3  | 6.8  |

| 2021    |      |             |        |      | טמפרטורת מי ים מעלות צלזיוס |        |      |             |        |      |             |       |      |
|---------|------|-------------|--------|------|-----------------------------|--------|------|-------------|--------|------|-------------|-------|------|
| חודש    | שבוע | יח' 1 כניסה | יציאה  | הפרש | יח' 2 כניסה                 | יציאה  | הפרש | יח' 3 כניסה | יציאה  | הפרש | יח' 4 כניסה | יציאה | הפרש |
| יולי    | 1    | 29.6        | 35.5   | 5.9  | 30.3                        | 39.6   | 9.3  |             |        |      | 30.6        | 38.1  | 7.5  |
|         | 2    | 30.7        | 40.3   | 9.5  | 31.4                        | 40.1   | 8.7  |             |        |      | 31.7        | 38.3  | 6.6  |
|         | 3    | 31.4        | 37.3   | 5.9  | 32.1                        | 40.6   | 8.5  |             |        |      | 34.1        | 34.9  | 0.8  |
| אוגוסט  | 4    | 30.4        | 35.4   | 5.0  | 31.2                        | 39.0   | 7.9  |             |        |      | 31.3        | 37.4  | 6.2  |
|         | 5    | 31.5        | 37.3   | 5.9  | 32.1                        | 40.9   | 8.8  |             |        |      | 32.5        | 39.1  | 6.7  |
|         | 1    | 31.2        | 37.7   | 6.5  | 31.7                        | 40.7   | 8.9  |             |        |      | 32.1        | 38.4  | 6.3  |
|         | 2    | 31.5        | 37.1   | 5.7  | 32.0                        | 40.4   | 8.4  |             |        |      | 32.4        | 38.9  | 6.6  |
|         | 3    |             | יחידה  |      | 32.0                        | 40.8   | 8.8  |             |        |      | 32.2        | 38.4  | 6.2  |
|         | 4    |             |        |      | 32.1                        | 41.4   | 9.3  |             |        |      | 32.3        | 39.3  | 7.0  |
|         | 5    |             | מופסקת |      | 31.9                        | 40.4   | 8.5  |             |        |      | 32.2        | 39.2  | 7.0  |
| ספטמבר  | 1    | 30.8        | 36.0   | 5.2  | 30.9                        | 40.5   | 9.6  |             |        |      | 31.7        | 38.6  | 6.9  |
|         | 2    | 31.9        | 37.3   | 5.3  | 32.0                        | 41.1   | 9.2  |             |        |      | 32.9        | 39.2  | 6.3  |
|         | 3    | 30.3        | 35.1   | 4.8  | 30.4                        | 40.1   | 9.7  |             |        |      | 31.1        | 37.9  | 6.8  |
|         | 4    | 29.7        | 35.6   | 5.9  | 29.9                        | 39.7   | 9.8  |             |        |      | 30.6        | 37.5  | 6.9  |
| אוקטובר | 5    | 28.8        | 33.7   | 4.9  | 28.9                        | 38.2   | 9.3  |             | יחידה  |      | 29.6        | 35.8  | 6.2  |
|         | 1    | 28.4        | 33.3   | 4.9  | 29.0                        | 37.0   | 8.0  |             |        |      | 29.0        | 35.6  | 6.6  |
|         | 2    | 27.1        | 32.7   | 5.6  | 27.8                        | 36.1   | 8.3  |             | מופסקת |      | 27.8        | 34.4  | 6.7  |
|         | 3    | 26.7        | 31.6   | 4.9  | 27.3                        | 35.4   | 8.0  |             |        |      | 27.4        | 33.7  | 6.3  |
| נובמבר  | 4    | 26.0        | 30.8   | 4.8  |                             |        |      |             |        |      | 26.7        | 33.0  | 6.3  |
|         | 5    | 25.5        | 30.3   | 4.8  |                             | יחידה  |      |             |        |      | 26.2        | 32.7  | 6.6  |
|         | 1    | 25.0        | 33.5   | 8.5  |                             |        |      |             |        |      | 25.8        | 32.1  | 6.4  |
|         | 2    | 25.1        | 29.7   | 4.6  |                             | מופסקת |      |             |        |      | 25.7        | 32.2  | 6.5  |
|         | 3    | 24.2        | 29.0   | 4.9  |                             |        |      |             |        |      | 24.8        | 31.3  | 6.5  |
| דצמבר   | 4    | 23.0        | 28.4   | 5.4  | 22.9                        | 26.6   | 3.7  |             |        |      | 23.6        | 30.1  | 6.5  |
|         | 5    | 23.2        | 28.5   | 5.3  | 23.0                        | 26.9   | 3.9  |             |        |      | 23.7        | 30.4  | 6.8  |
|         | 1    | 23.1        | 28.2   | 5.1  | 23.7                        | 29.0   | 5.3  |             |        |      | 23.8        | 30.3  | 6.5  |
|         | 2    | 21.9        | 21.7   | -0.3 | 22.5                        | 31.0   | 8.5  |             |        |      | 22.5        | 29.5  | 7.0  |
|         | 3    | 21.9        | 27.3   | 5.4  | 22.5                        | 25.5   | 3.0  |             |        |      | 22.4        | 28.9  | 6.5  |
|         | 4    | 18.9        | 24.9   | 6.0  | 19.4                        | 28.3   | 8.9  |             |        |      | 19.3        | 26.7  | 7.5  |
|         | 5    | 19.6        | 25.3   | 5.7  | 20.2                        | 27.9   | 7.8  |             |        |      | 20.1        | 20.0  | -0.1 |

**שנת 2021**  
**הזרמות לים, מ"ק**

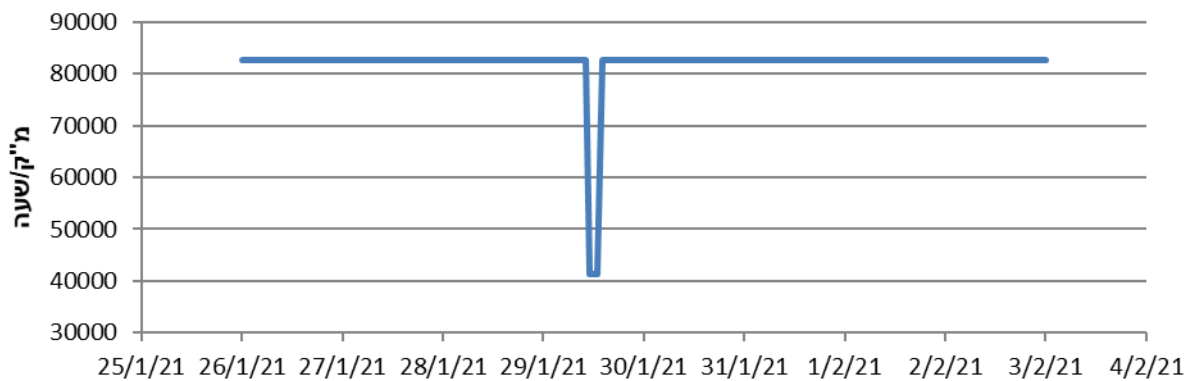
| חודש    | מבריכת השפכים<br>התעשייתיים האתרית | ממתקן טיהור שפכים ב-<br>FGD |
|---------|------------------------------------|-----------------------------|
| ינואר   | 0                                  | 4,398                       |
| פברואר  | 0                                  | 4,048                       |
| מרץ     | 0                                  | 2,627                       |
| אפריל   | 0                                  | 3,345                       |
| מאי     | 0                                  | 4,065                       |
| יוני    | 0                                  | 2,780                       |
| יולי    | 0                                  | 2,833                       |
| אוגוסט  | 7,300                              | 3,824                       |
| ספטמבר  | 4,900                              | 3,645                       |
| אוקטובר | 0                                  | 4,107                       |
| נובמבר  | 0                                  | 2,903                       |
| דצמבר   | 0                                  | 2,556                       |
| סה"כ    | 12,200                             | 41,131                      |

**עומס שנתי בק"ג מתוך דו"חות הזרמה לים**

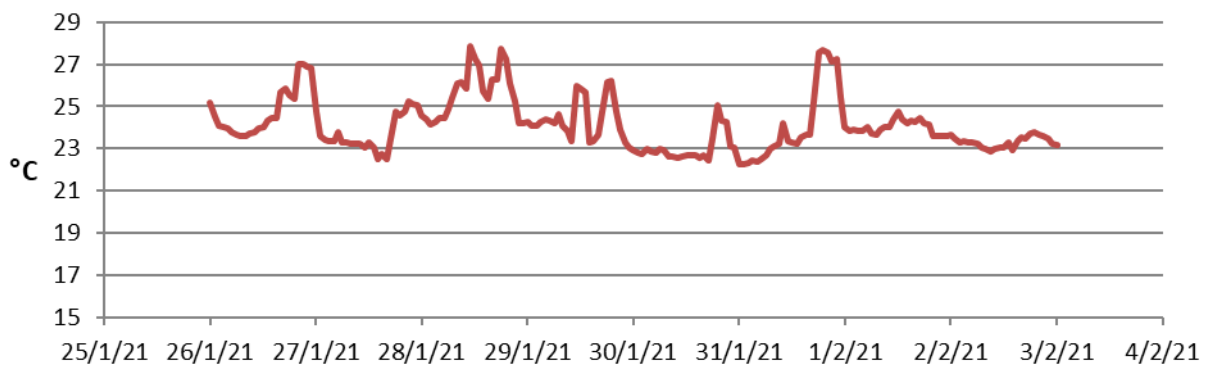
| שפכים מטופלים<br>ממתקן טיהור<br>השפכים במערכת<br>FGD | קולחים תעשייתיים<br>מסולקים מבריכה<br>אתרית |                 |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|
| 0                                                    | 0                                           | Ag              |
| 0                                                    | 0                                           | As              |
| 0                                                    | 0                                           | Cd              |
| 0                                                    | 0                                           | Cr              |
| 0.04                                                 | 0.10                                        | Cu              |
| 2.70                                                 | 4.74                                        | Fe              |
| 8.54                                                 | 1.12                                        | Mo              |
| 1.16                                                 | 0                                           | Ni              |
| 0.01                                                 | 0                                           | Pb              |
| 0                                                    | 0                                           | V               |
| 0.70                                                 | 0.23                                        | Zn              |
| 0                                                    | 0                                           | Co              |
| 0.01                                                 | 0                                           | Hg              |
| 0                                                    | 0                                           | זרחן כללי       |
| 3945.29                                              | 68.17                                       | ניטרט כ- N      |
| 3404.67                                              | 489.98                                      | חנקן קלדהל כ- N |
| 2012.57                                              | 379.27                                      | אמוניה כ- N     |
| 7350.84                                              | 555.10                                      | חנקן כללי כ- N  |
| 57.88                                                | 152.19                                      | TSS             |
| 426.04                                               | 19.06                                       | TOC (C)         |
| 0.350                                                | 0.70                                        | שמן מינרלי      |

ספיקה וטמפרטורה של מי הקירור ביחידות הייצור של תחנת הכוח בתקופות הדיגום

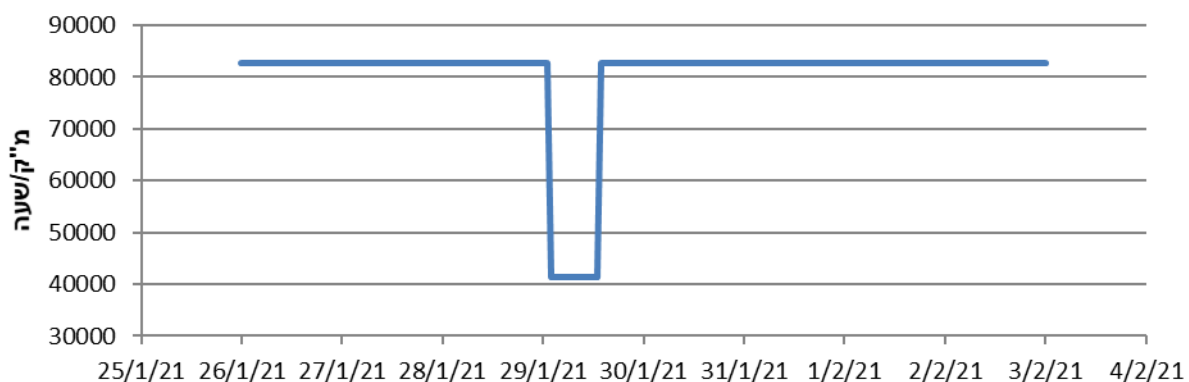
### 26.1.2021-2.2.2021 - 1 - יחידה 1 - ספיקת מי ים



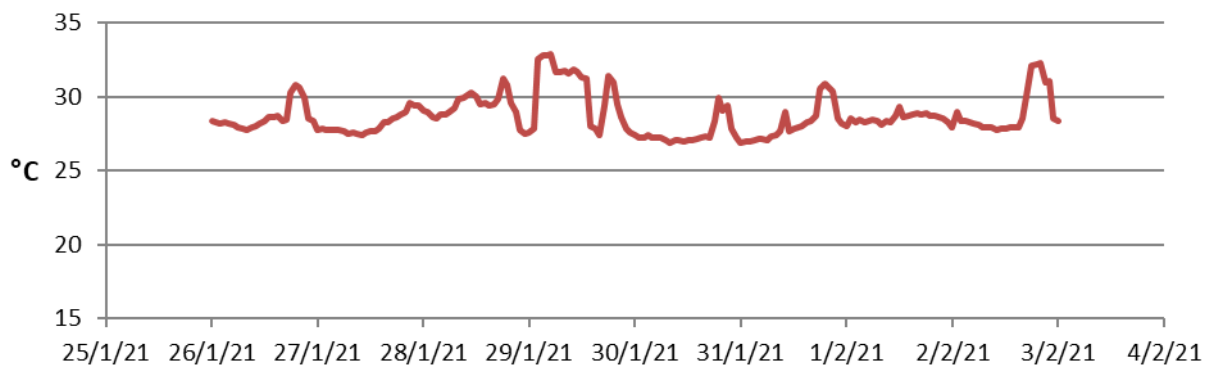
### 26.1.2021-2.2.2021 - 1 - יחידה 1 - טמפרטורת מי ים



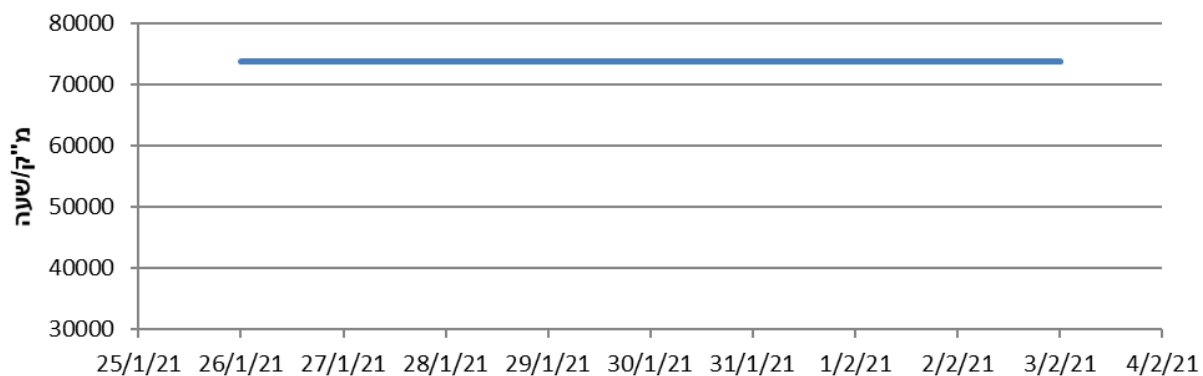
### 26.1.2021-2.2.2021 - 2 - יחידה 2 - ספיקת מי ים



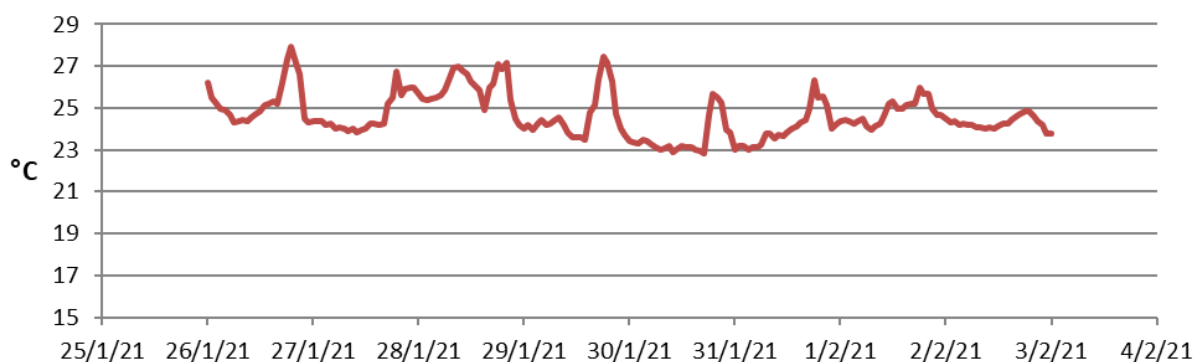
## טמפרטורת מי ים - יחידה 2 - 26.1.2021-2.2.2021



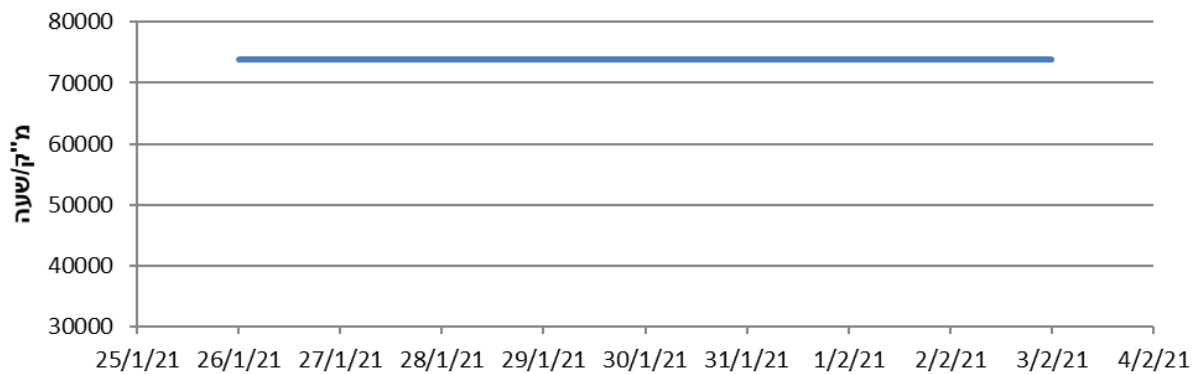
## ספיקת מי ים - יחידה 3 - 26.1.2021-2.2.2021



## טמפרטורת מי ים - יחידה 3 - 26.1.2021-2.2.2021



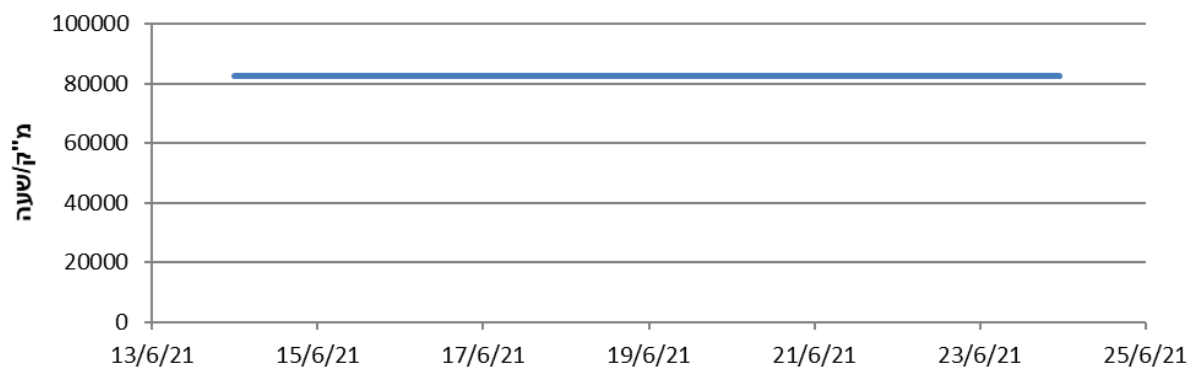
### 26.1.2021-2.2.2021 - 4 יחידה - ספיקת מי ים



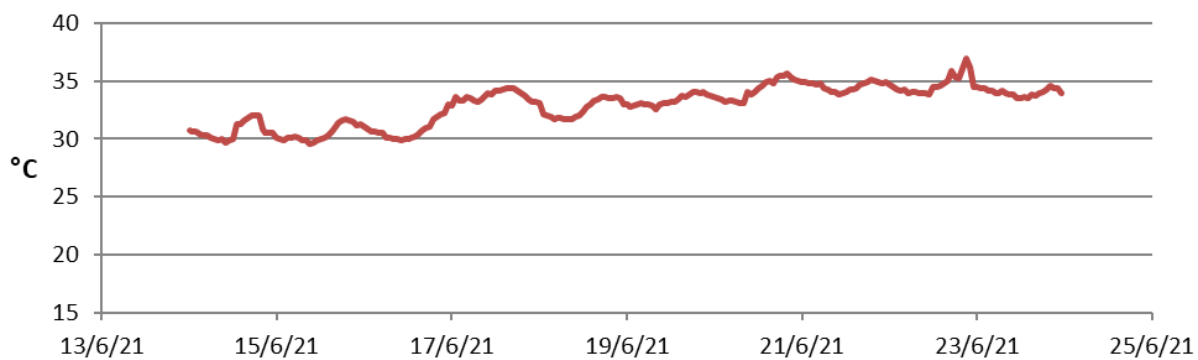
### 26.1.2021-2.2.2021 - 4 יחידה - טמפרטורת מי ים



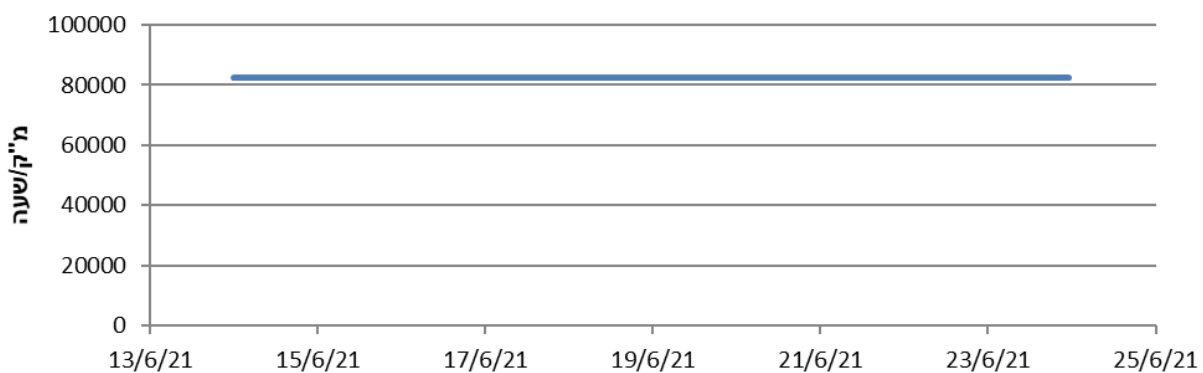
### 14.6.2021-23.6.2021 - 1 יחידה - ספיקת מי ים



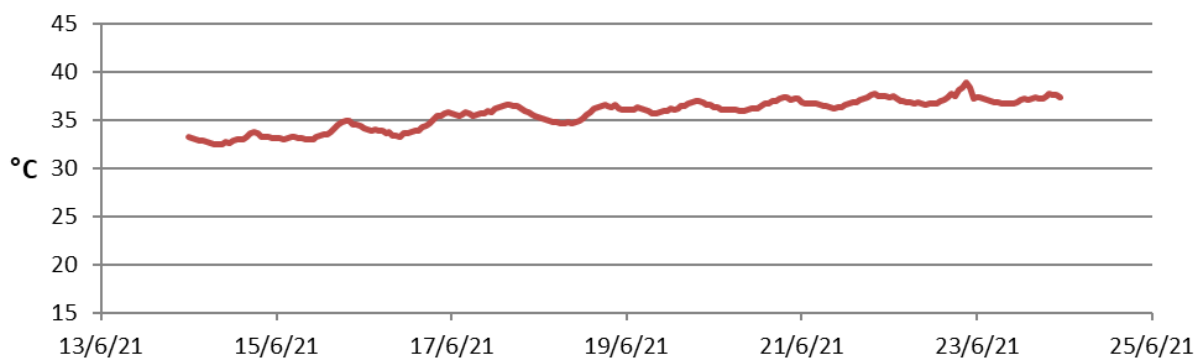
### טמפרטורת מי ים - יחידה 1 - 14.6.2021-23.6.2021



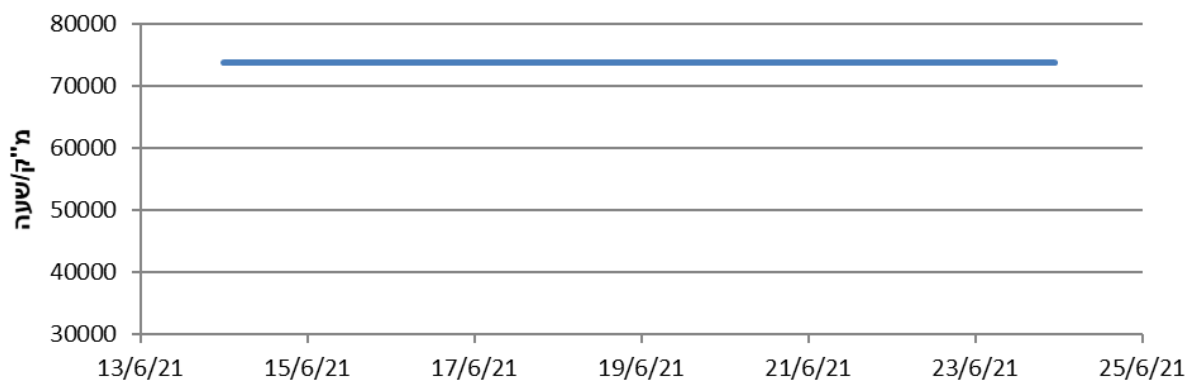
### ספיקת מי ים - יחידה 2 - 14.6.2021-23.6.2021



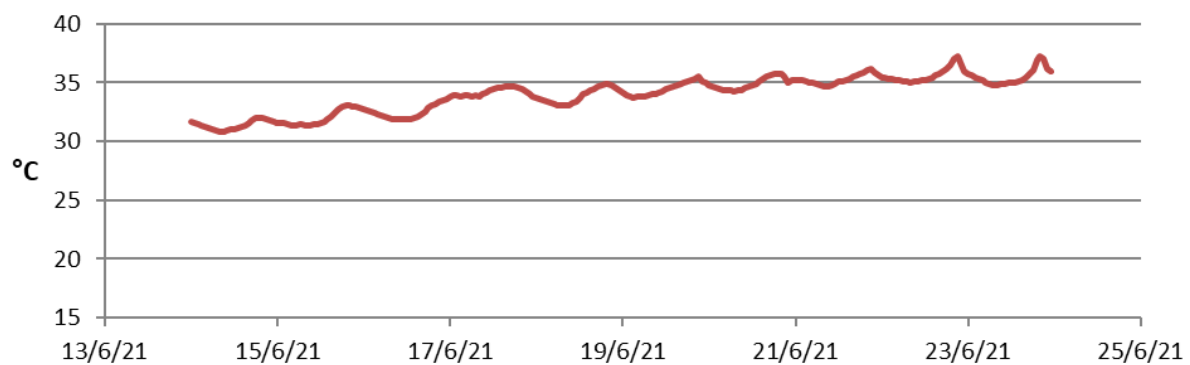
### טמפרטורת מי ים - יחידה 2 - 14.6.2021-23.6.2021



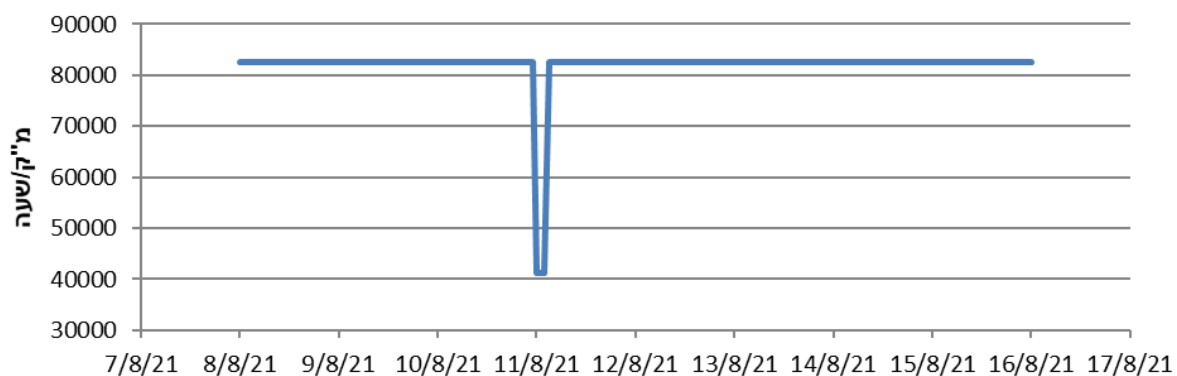
### ספיקת מי ים - יחידה 4 - 14.6.2021-23.6.2021



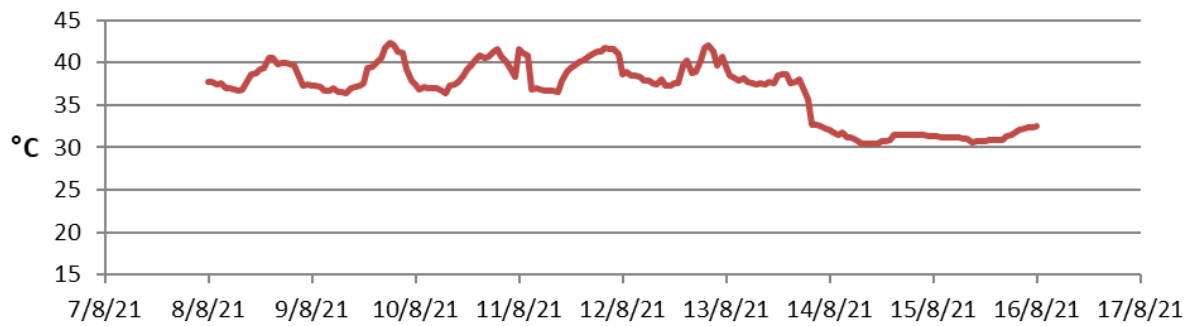
### טמפרטורת מי ים - יחידה 4 - 14.6.2021-23.6.2021



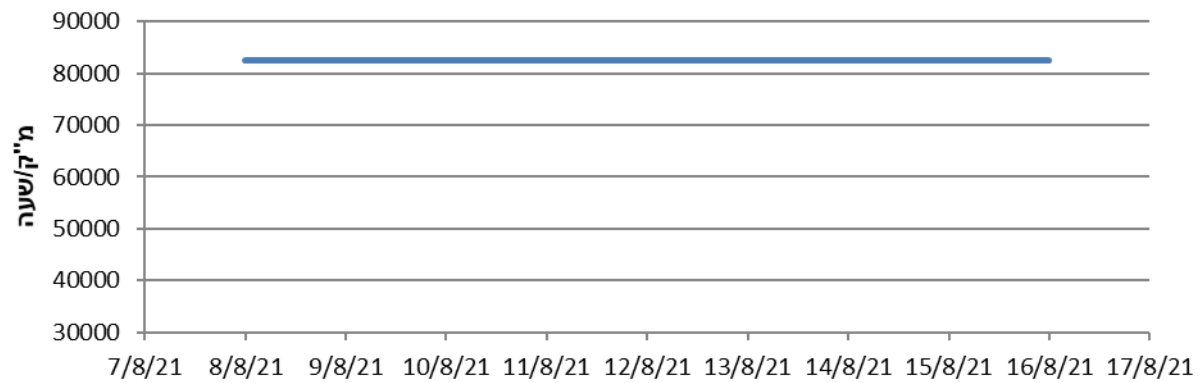
### ספיקת מי ים - יחידה 1 - 8.8.2021-15.8.2021



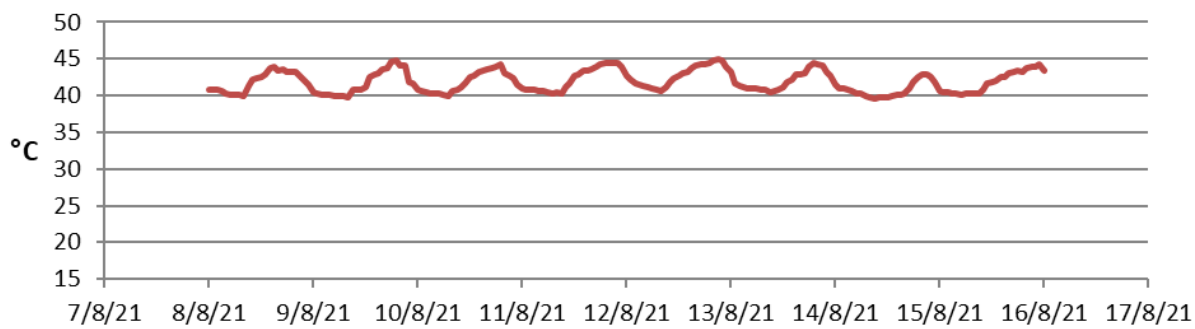
### טמפרטורת מי ים - יחידה 1 - 8.8.2021-15.8.2021



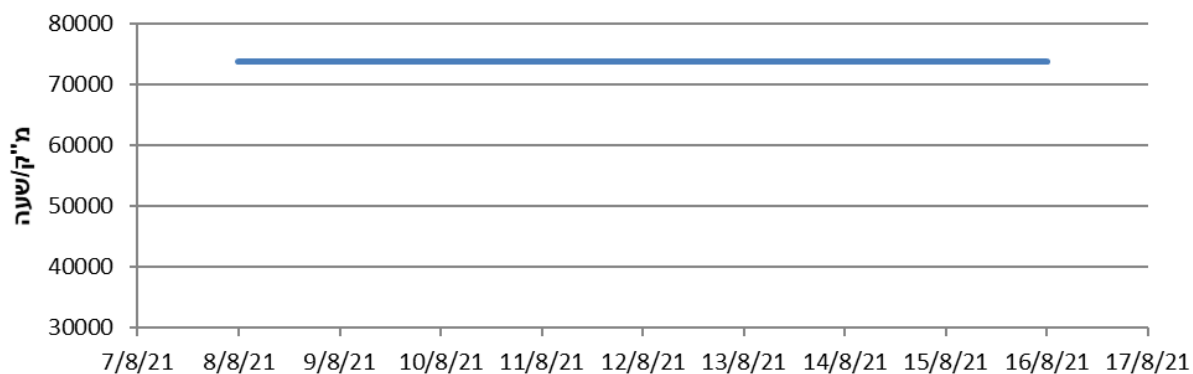
### ספיקת מי ים - יחידה 2 - 8.8.2021-15.8.2021



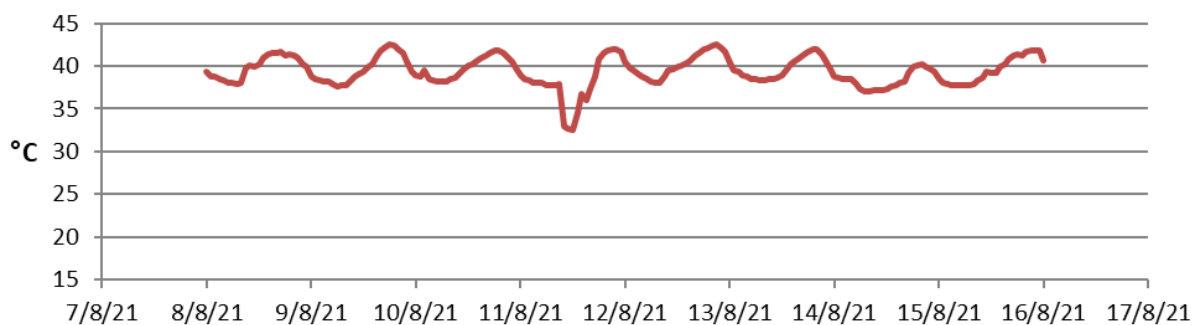
### טמפרטורת מי ים - יחידה 2 - 8.8.2021-15.8.2021



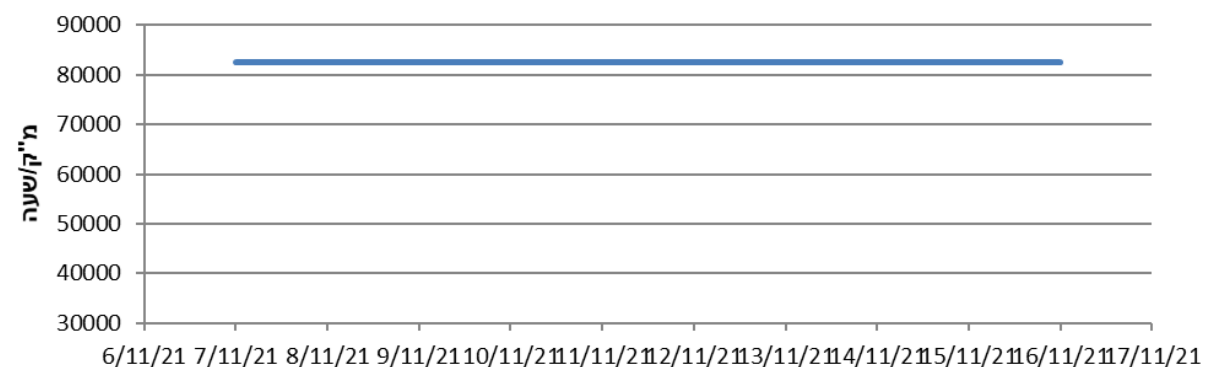
### ספיקת מי ים - יחידה 4 - 8.8.2021-15.8.2021



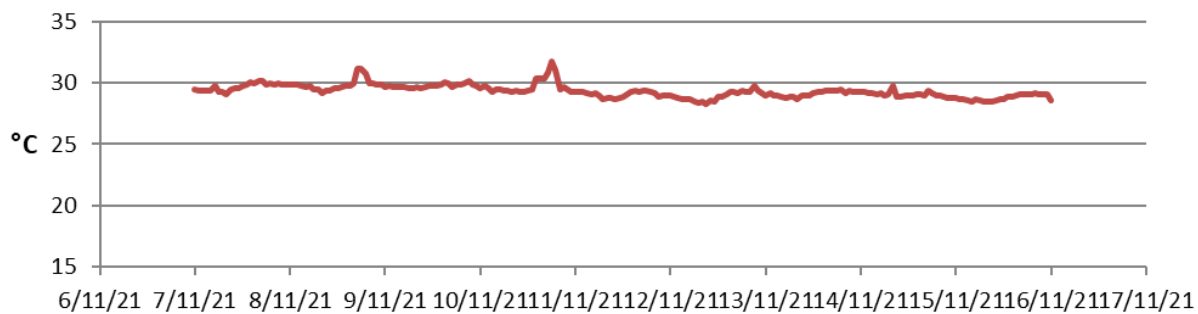
### טמפרטורת מי ים - יחידה 4 - 8.8.2021-15.8.2021



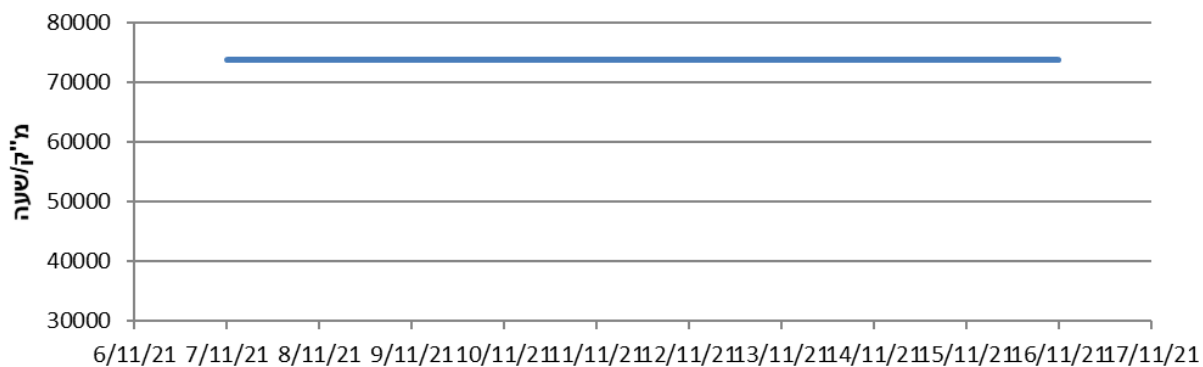
### ספיקת מי ים - יחידה 1 - 7.11.2021-15.11.2021



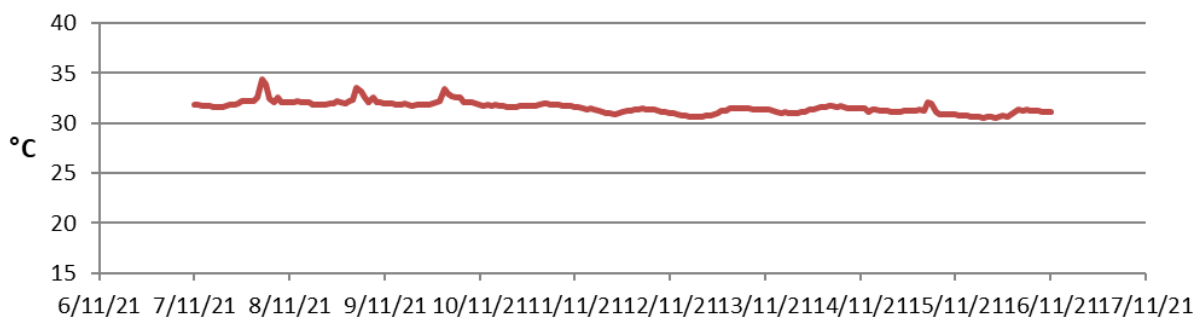
### טמפרטורת מי ים - יחידה 1 - 7.11.2021-15.11.2021



### ספיקת מי ים - יחידה 4 - 7.11.2021-15.11.2021



### טמפרטורת מי ים - יחידה 4 - 7.11.2021-15.11.2021



**מתקן התפלה אשקלון – נתוני הזרמה לים בשנת 2021 ובימי הדיגום בים. הנתונים נמסרו ע"י אלכס רוסומכו, מנהל תפעול**

| סה"כ מוצר          | סה"כ שאיבת מי ים   | סה"כ הזרמה (רכז+שטיפות) | תמיסת שימור  | שטיפות מניקיונות | שטיפות מסנני אבן גיר | שטיפות מסנני חול | רכז מתקני התפלה    | Month            |
|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------|------------------|----------------------|------------------|--------------------|------------------|
| [m3/month]         | [m3/month]         | [m3/month]              | [m3/month]   | [m3/month]       | [m3/month]           | [m3/month]       | [m3/month]         |                  |
| 7,617,080          | 18,091,245         | 10,474,250              | 0            | 580              | 10,453               | 153,562          | 10,309,654         | Jan-21           |
| 4,945,665          | 11,895,731         | 6,950,066               | 1,550        | 0                | 13,222               | 115,959          | 6,819,335          | Feb-21           |
| 6,674,445          | 16,527,286         | 9,906,286               | 0            | 1,405            | 16,597               | 213,640          | 9,674,643          | Mar-21           |
| 7,219,035          | 17,422,854         | 10,203,819              | 0            | 1,160            | 15,125               | 174,913          | 10,012,621         | Apr-21           |
| 9,978,800          | 23,789,646         | 13,810,846              | 0            | 1,560            | 17,831               | 227,651          | 13,563,805         | May-21           |
| 9,770,500          | 22,835,450         | 13,064,950              | 0            | 2,520            | 24,538               | 212,170          | 12,825,723         | Jun-21           |
| 10,203,314         | 24,171,915         | 13,522,768              | 0            | 1,160            | 31,474               | 220,322          | 13,269,812         | Jul-21           |
| 9,967,700          | 23,994,266         | 14,026,566              | 580          | 1,160            | 26,581               | 209,394          | 13,788,851         | Aug-21           |
| 9,745,442          | 23,279,841         | 13,534,399              | 580          | 1,560            | 26,296               | 303,398          | 13,202,566         | Sep-21           |
| 9,861,880          | 23,594,674         | 13,732,794              | 0            | 1,560            | 54,557               | 208,011          | 13,468,666         | Oct-21           |
| 9,317,160          | 22,195,792         | 12,878,632              | 0            | 1,740            | 28,013               | 149,615          | 12,699,264         | Nov-21           |
| 9,080,585          | 21,754,308         | 12,673,723              | 0            | 1,160            | 42,915               | 167,738          | 12,461,910         | Dec-21           |
| <b>104,381,606</b> | <b>249,553,009</b> | <b>144,779,100</b>      | <b>2,710</b> | <b>15,565</b>    | <b>307,602</b>       | <b>2,356,371</b> | <b>142,096,852</b> | <b>סה"כ שנתי</b> |

| תאריך    | רכז מתקני התפלה | שטיפות מסנני חול | שטיפות מסנני אבן גיר | שטיפות מניקיונות | תמיסת שימור | סה"כ הזרמה (רכז+שטיפות) | סה"כ שאיבת מי ים | סה"כ מוצר |
|----------|-----------------|------------------|----------------------|------------------|-------------|-------------------------|------------------|-----------|
|          | [m3/day]        | [m3/day]         | [m3/day]             | [m3/day]         | [m3/day]    | [m3/day]                | [m3/day]         | [m3/day]  |
| 2.2.21   | 332,653         | 4,647            | 1,066                | 0                | 0           | 338,365                 | 498,735          | 160,370   |
| 21.6.21  | 427,182         | 4,026            | 0                    | 580              | 0           | 431,788                 | 766,763          | 334,975   |
| 23.6.21  | 432,860         | 8,815            | 1,409                | 0                | 0           | 443,085                 | 773,100          | 330,015   |
| 15.8.21  | 441,152         | 4,903            | 0                    | 0                | 0           | 446,055                 | 780,930          | 334,875   |
| 14.11.21 | 425,987         | 1,577            | 2,574                | 1160             | 0           | 431,298                 | 751,153          | 319,855   |
| 15.11.21 | 427,942         | 6,125            | 1,495                | 0                | 0           | 435,562                 | 758,232          | 322,670   |

## מתקן התפלה אשקלון – איכות מי הגלם ומי הרכז בשנת 2021 ובחודשי הדיגום בים

הערות: (1) הטבלאות כוללות חישובי עומסים שנתיים לפי הנחיות המשרד להגנת הסביבה (מכפלות של הערכים הממוצעים השנתיים של הפרמטרים בספיקות השנתיות; כאשר חומר לא התגלה בגבול הגילוי של הבדיקה הריכוז חושב כשווה לאפס). לדעת חברת וי.אי.די, עקב מגבלות ובעיות אנליטיות של מדידת הפרמטרים השונים חישובי העומסים חסרי משמעות. (2) למתכות אין חישובי עומסים מאחר שהן לא התגלו בגבולות הגילוי של הבדיקות או שהריכוזים היו קרובים לגבולות הגילוי; (3) המדידות של איכות מי הגלם ומי הרכז מתבצעות פעמיים בחודש. לחודשי הדיגום מוצגים רק הנתונים הגולמיים מאחר שעל סמך שתי מדידות בלבד, ולאור האמור בהערה (1), ברור שאין משמעות לחישובים של ממוצעים ועומסים חודשיים. נתוני חנקן וזרחן הם לתקופה ינואר – אוקטובר (כל הנתונים שהתקבלו מחיא"ל עד 1.2.2022).

### נתונים שנתיים

| 2021       | מי רכז | מי רכז | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם | מי רכז             | מי גלם             | מי רכז             | מי גלם             | מי רכז  | מי גלם  | מי רכז             | מי גלם             | מי רכז  | מי גלם  |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|--------------------|--------------------|---------|---------|
|            | Fe     | pH     | Turb.  | Turb.  | TOC    | TOC    | TSS    | TSS    | TDS    | TDS    | NO <sub>3</sub> -N | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | Total N | Total N | PO <sub>4</sub> -P | PO <sub>4</sub> -P | Total P | Total P |
|            | [mg/l] |        | [NTU]  | [NTU]  | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l]             | [mg/l]             | [mg/l]             | [mg/l]             | [mg/l]  | [mg/l]  | [mg/l]             | [mg/l]             | [mg/l]  | [mg/l]  |
| מינימום    | <0.05  | 7.71   | 0.15   | 0.30   | 0.91   | 1.14   | <1     | <1     | 61410  | 39980  | 0.006              | <0.001             | 0.01               | 0.005              | 0.178   | 0.095   | 0.002              | 0.001              | 0.006   | 0.002   |
| מקסימום    | 0.38   | 8.32   | 10.00  | 11.50  | 4.13   | 2.45   | 9.00   | 7.00   | 75320  | 42880  | 0.092              | 0.102              | 0.08               | 0.100              | 0.379   | 0.186   | 0.016              | 0.005              | 0.380   | 0.201   |
| ממוצע      | 0.02   | 7.92   | 1.59   | 1.60   | 2.14   | 1.69   | 1.30   | 1.04   | 70860  | 41228  | 0.054              | 0.013              | 0.03               | 0.025              | 0.276   | 0.128   | 0.011              | 0.003              | 0.210   | 0.026   |
| עומס (טון) | 2.83   |        |        |        | 310.2  | 420.8  | 188.8  | 260.4  |        |        | 7.86               | 3.140              | 3.69               | 6.25               | 39.90   | 31.82   | 1.54               | 0.76               | 30.39   | 6.59    |

| 2021    | מי רכז  | מי גלם  | מי רכז | מי גלם | מי רכז  | מי גלם  | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם | מי רכז   | מי גלם   | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם |
|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | Ag      | Ag      | As     | As     | Cd      | Cd      | Cr     | Cr     | Cu     | Cu     | Hg.      | Hg.      | Ni     | Ni     | Pb     | Pb     | Zn     | Zn     |        |        |
|         | [mg/l]  | [mg/l]  | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l]  | [mg/l]  | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l]   | [mg/l]   | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] |        |        |
| מינימום | <0.0001 | <0.0001 | <0.02  | <0.015 | <0.0002 | <0.0002 | <0.01  | <0.01  | <0.002 | <0.002 | <0.00005 | <0.00005 | <0.002 | <0.002 | <0.001 | <0.001 | <0.005 | <0.005 |        |        |
| מקסימום | <0.0001 | <0.0001 | <0.02  | <0.015 | <0.0002 | <0.0002 | <0.01  | <0.01  | 0.007  | <0.002 | <0.00005 | <0.00005 | 0.003  | <0.002 | <0.001 | <0.001 | <0.005 | <0.005 |        |        |

**נתונים לחודשי הדיגום בים – יוני, נובמבר 2021**

| מי גלם  | מי רכז  | מי גלם | מי רכז | מי גלם  | מי רכז  | מי גלם             | מי רכז             | מי גלם             | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם | מי רכז | מי גלם   | מי רכז | מי גלם     | מי רכז | מי גלם |
|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|------------|--------|--------|
| Total P | Total P | PO4-P  | PO4-P  | Total N | Total N | NO <sub>3</sub> -N | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | TDS    | TDS    | TSS    | TSS    | TOC    | TOC    | Turb.  | pH (lab) | Fe     | תאריך      |        |        |
| [mg/l]  | [mg/l]  | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l]  | [mg/l]  | [mg/l]             | [mg/l]             | [mg/l]             | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l] | [mg/l]   | [mg/l] | [mg/l]     |        |        |
| 0.0075  | 0.2071  | 0.0036 | 0.0104 | 0.121   | 0.297   | 0.013              | 0.058              | 0.0112             | 0.0127 | 41770  | <1     | <1     | 1.93   | 2.42   | 1.12   | 7.93     | 0.111  | 6/6/2021   |        |        |
| 0.0075  | 0.2071  | 0.0036 | 0.0104 | 0.121   | 0.297   | 0.013              | 0.058              | 0.0112             | 0.0127 |        | 1      | <1     | 1.9    | 3.04   | 0.88   | 7.87     | <0.05  | 20/6/2021  |        |        |
|         |         |        |        |         |         |                    |                    |                    |        | 40630  | <1     | <1     | 1.92   | 1.64   | 0.25   | 8.04     | <0.05  | 3/11/2021  |        |        |
|         |         |        |        |         |         |                    |                    |                    |        |        | <1     | <1     | 1.64   | 1.83   | 1.10   | 8.00     | <0.05  | 17/11/2021 |        |        |

| מתקן התפלה אשקלון – סיכום כמויות התוספים לתהליך ההתפלה שהוזרמו לים בשנת 2021 |                  |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |         |                                                            |                      |             |             |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|-------------|
| התוספים *                                                                    | כמות חודשית, טון |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |         |                                                            | כמות שנתית טון       | אופן השימוש | אופן הסילוק |
|                                                                              | ינואר            | פברואר | מרץ    | אפריל  | מאי    | יוני   | יולי   | אוגוסט | ספטמבר | אוקטובר | נובמבר | דצמבר  |         |                                                            |                      |             |             |
| אנטי סקלאנטים (כזרחן)                                                        | 2.07             | 1.36   | 2.04   | 2.13   | 2.88   | 3.35   | 3.51   | 3.31   | 3.19   | 2.87    | 1.12   | 1.07   | 31.0    | הזרקה לקו מי הזנה לממברנות התפלת מי ים + למי הזנה לשלב 2+4 | בתמלחת הים התפלה     |             |             |
| חומצה גפריתנית                                                               | 21.71            | 4.20   | 0.00   | 0.00   | 23.95  | 35.86  | 39.69  | 37.50  | 37.52  | 22.09   | 21.34  | 3.00   | 246.9   | הזרקה לקו מי הזנה לממברנות שלב 3                           | בתמלחת הים התפלה     |             |             |
| ברזל גופרתי (כברזל)                                                          | 0.00             | 0.00   | 0.88   | 0.00   | 0.00   | 1.76   | 0.88   | 0.00   | 1.10   | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 4.6     | הזרקה לקו שאיבת מי ים לפני מסנני החול                      | הזרמה לים            |             |             |
| ברזל כלוריד (כברזל)                                                          | 0.29             | 0.02   | 2.27   | 2.13   | 3.09   | 0.63   | 4.33   | 1.11   | 7.67   | 2.08    | 0.05   | 0.01   | 23.7    | הזרקה לקו שאיבת מי ים לפני מסנני החול                      | הזרמה לים            |             |             |
| סודה קאוסטית                                                                 | 470.83           | 516.34 | 516.81 | 489.44 | 561.72 | 745.51 | 953.34 | 708.59 | 567.20 | 623.10  | 771.44 | 661.17 | 7585.5  | חלקית הזרקה לקו מי הזנה לממברנות התפלת מי בורון            | בתמלחת הים התפלה     |             |             |
| ביסולפיט                                                                     | 108.27           | 59.05  | 80.47  | 90.11  | 178.63 | 195.94 | 239.71 | 252.07 | 234.88 | 181.49  | 178.82 | 109.11 | 1908.56 | מנתי                                                       | מתחמצן לסולפאט       |             |             |
| חומצת מלח                                                                    | 0.00             | 21.38  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 8.00   | 8.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 37.4    | מנתי                                                       | הזרמה לים לאחר סתירה |             |             |

\* בנוסף לתוספים בטבלה: במתקן נעשה שימוש באבן גיר לטיפול במי המוצר. מי שטיפות של תאי הגיר המוזרמים לים במי הרכז מכילים עד כ- 90 טון/שנה בקירוב של חלקיקי אבן גיר.

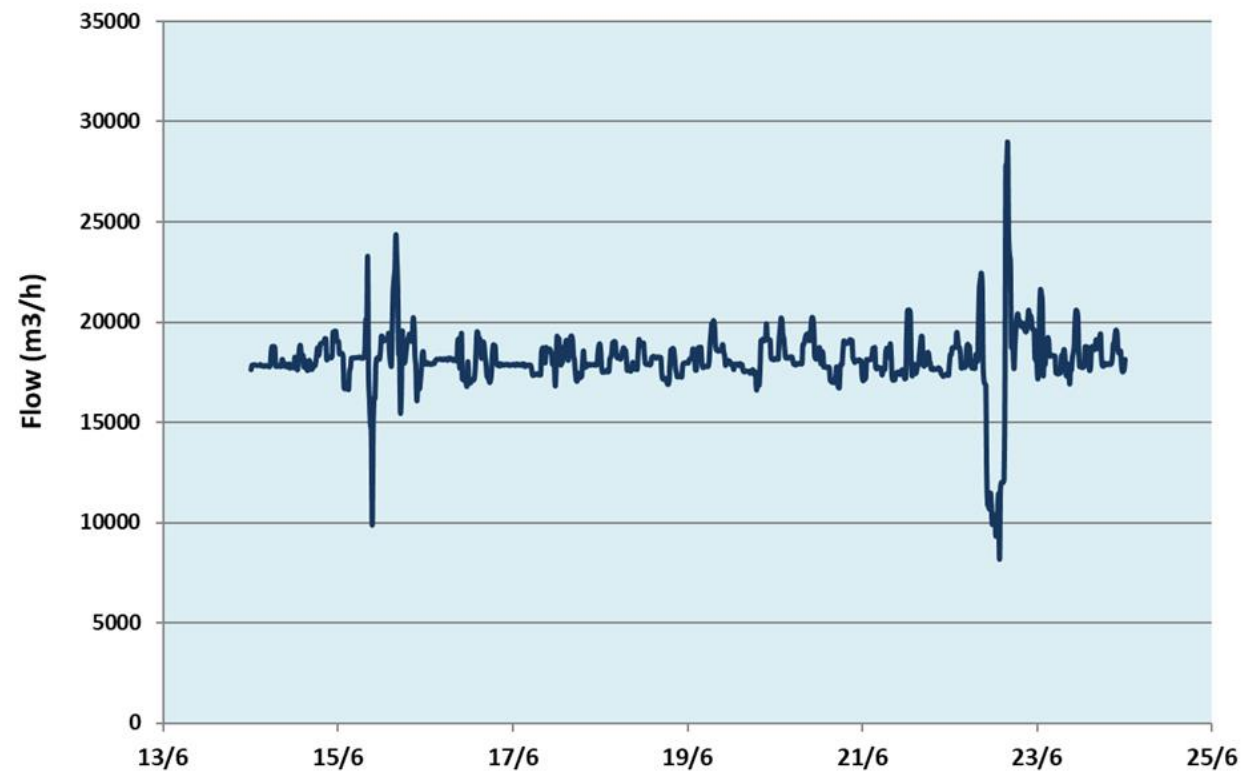
**ייצור מים מותפלים וכמויות ברזל וזרחן אורגני שהוזרמו לים ממתקן התפלה אשקלון בשנים 2012 - 2021**

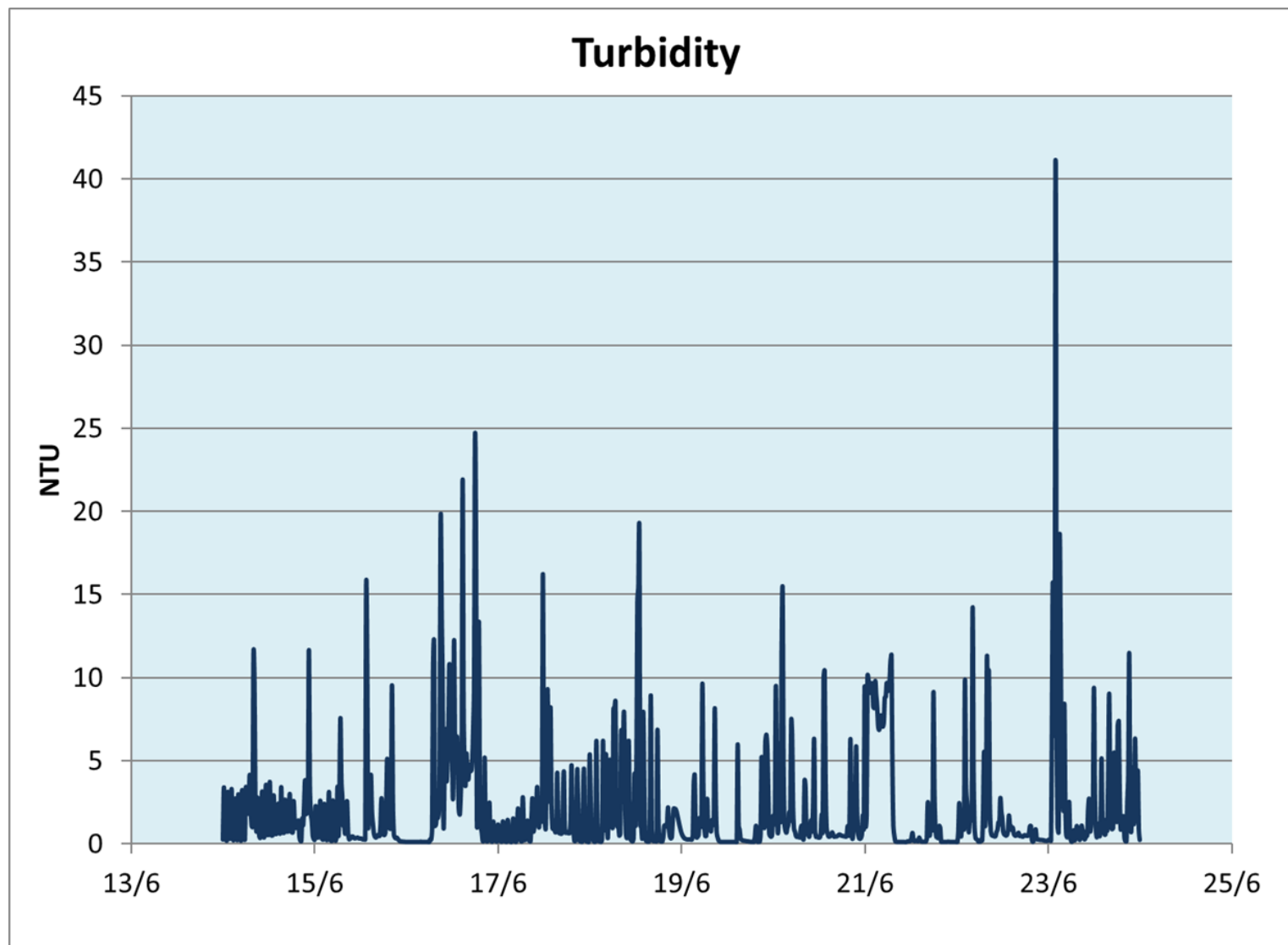
| שנה  | מים מותפלים, מלמ"ק | ברזל, טון (כברזל)* | זרחן אורגני, טון (כזרחן)** |
|------|--------------------|--------------------|----------------------------|
| 2012 | 121.0              | 71.6               | 36.4                       |
| 2013 | 117.4              | 71.5               | 39.4                       |
| 2014 | 80.5               | 35.9               | 28.6                       |
| 2015 | 117.4              | 33.8               | 37.2                       |
| 2016 | 104.3              | 25.2               | 34.0                       |
| 2017 | 118.8              | 29.5               | 37.9                       |
| 2018 | 121.8              | 26.0               | 32.6                       |
| 2019 | 124.56             | 39.2               | 35.94                      |
| 2020 | 115.08             | 40.6               | 36.05                      |
| 2021 | 104.38             | 28.3               | 31.0                       |

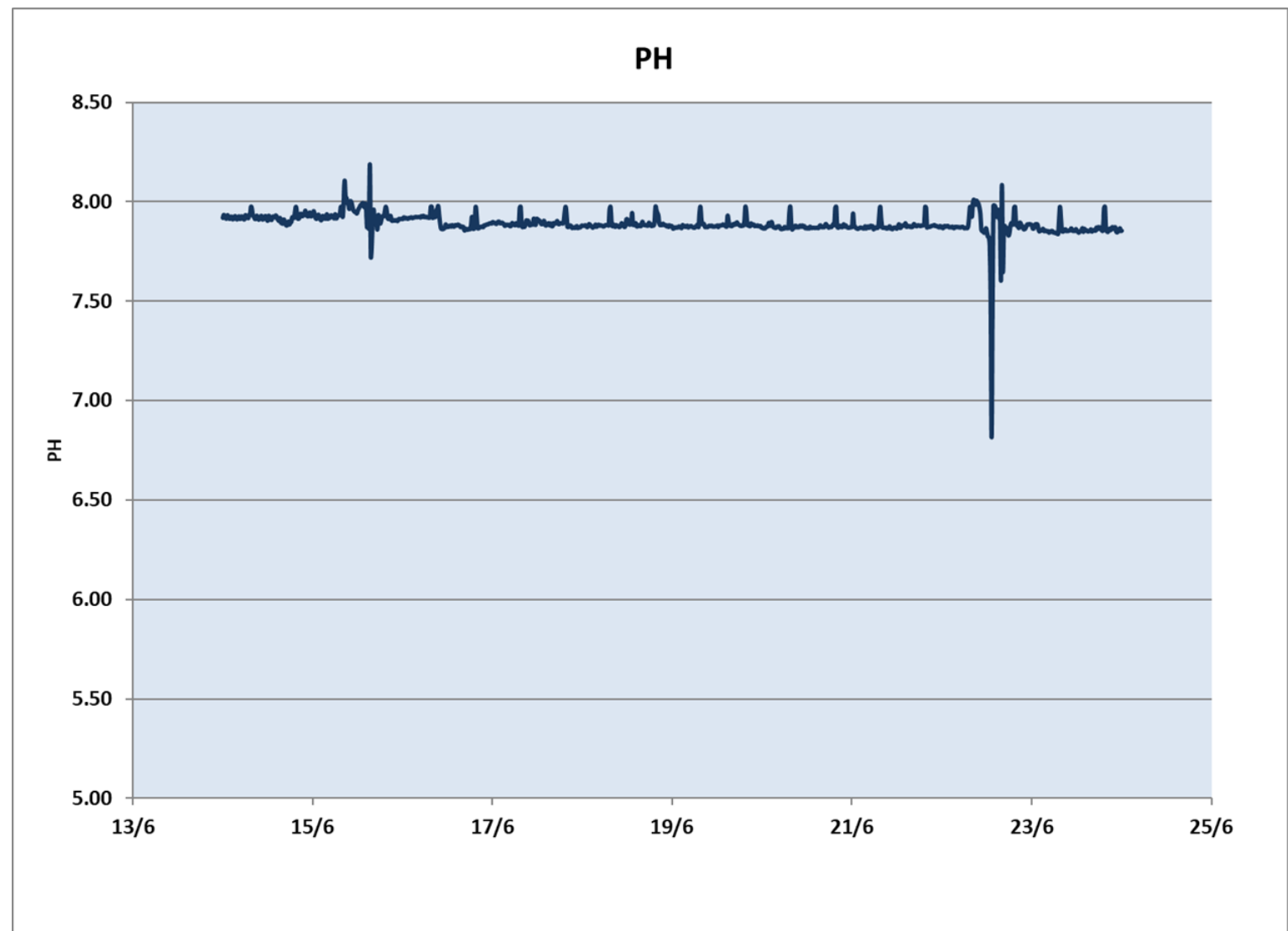
\* חלקיקי ברזל – הידרוקסיד מוזרמים לים עקב שימוש בקואגולנטים של ברזל לטיפול קדם במי הגלם.  
 \*\* במתקן ההתפלה נעשה שימוש באנטיסקלאנט על בסיס פוספונט. הזרחן שמקורו באנטיסקלנט מוזרם לים בצורת זרחן אורגני יציב.

**מתקן התפלה אשקלון – איכות מי הרכז בתקופות הדיגוס בים [מוצגת תקופה של כשבוע לפני כל אחד מימי הדיגוס]**

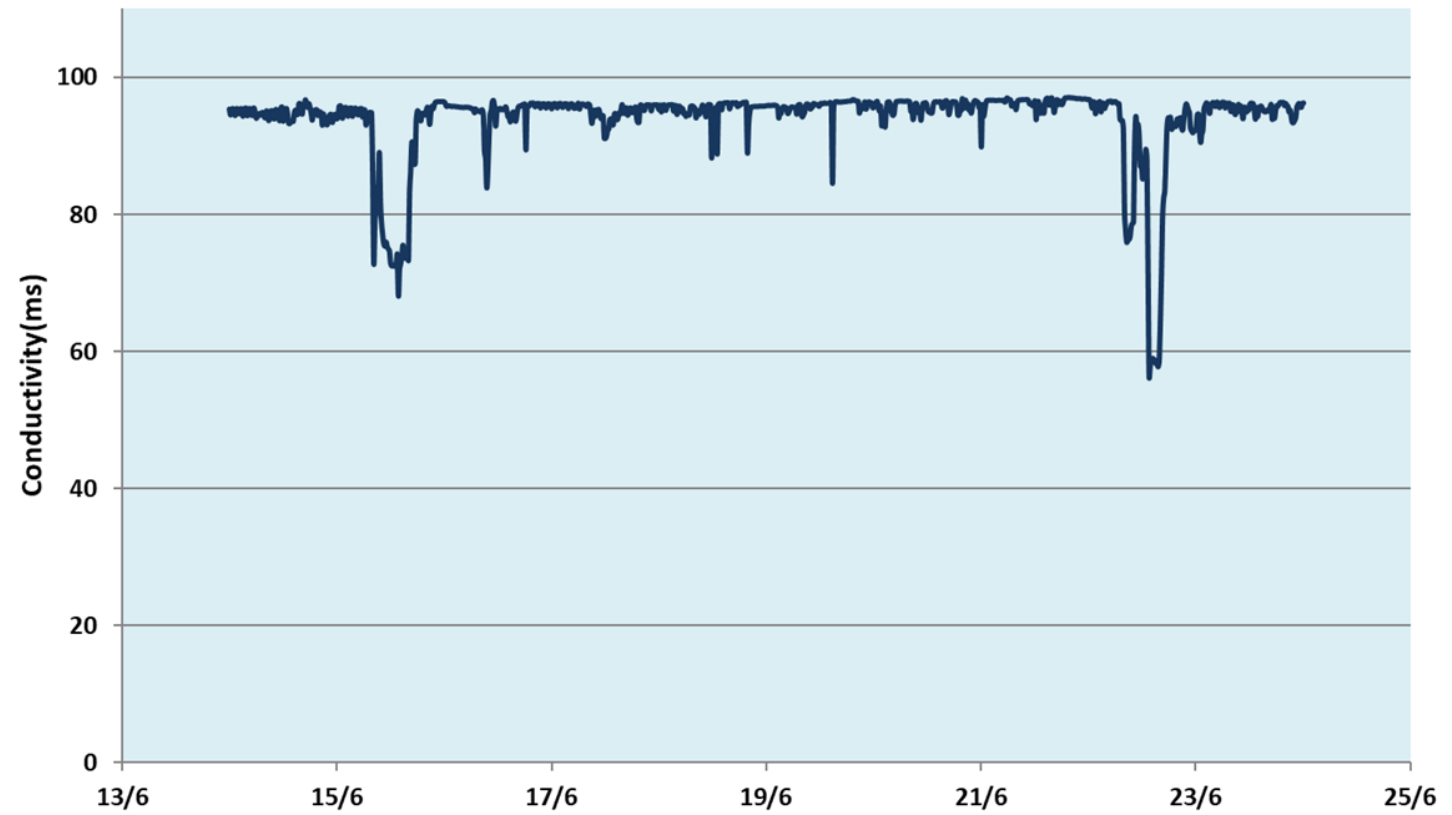
## Flows



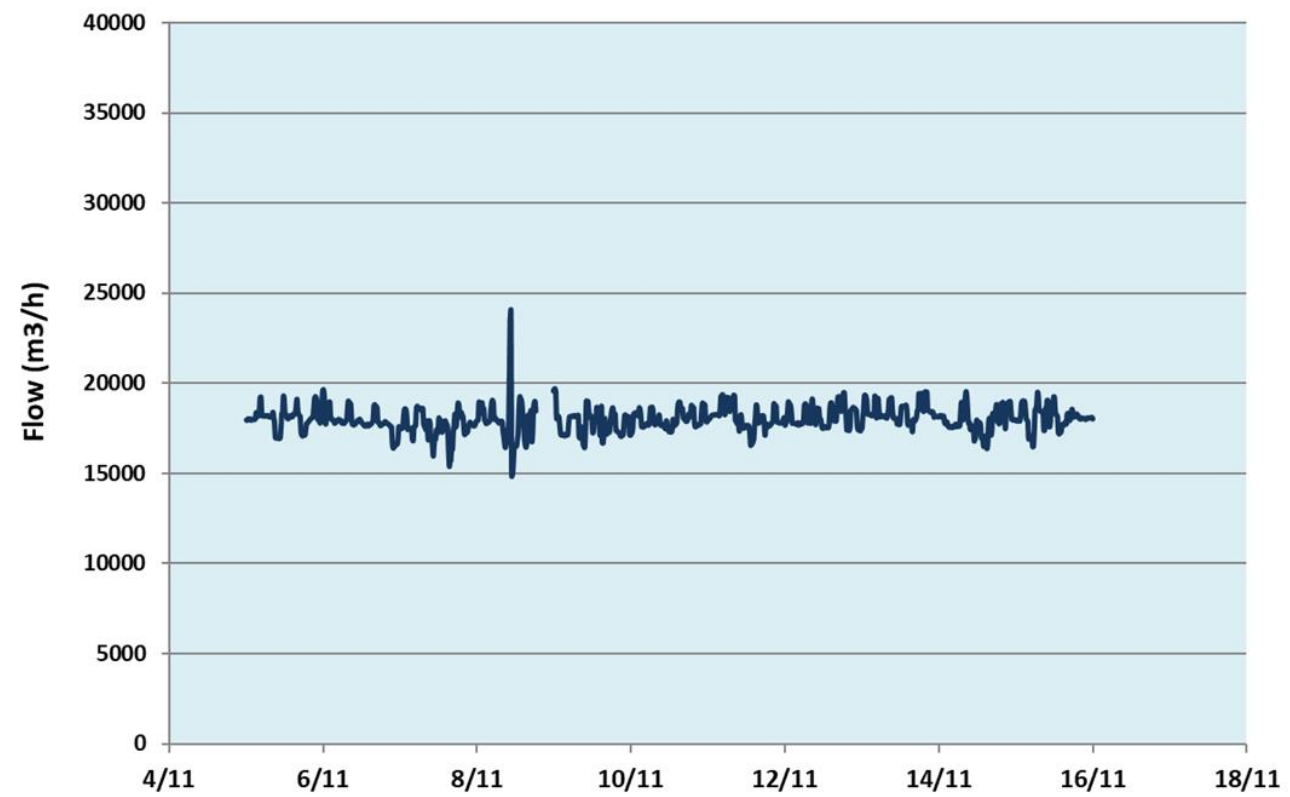


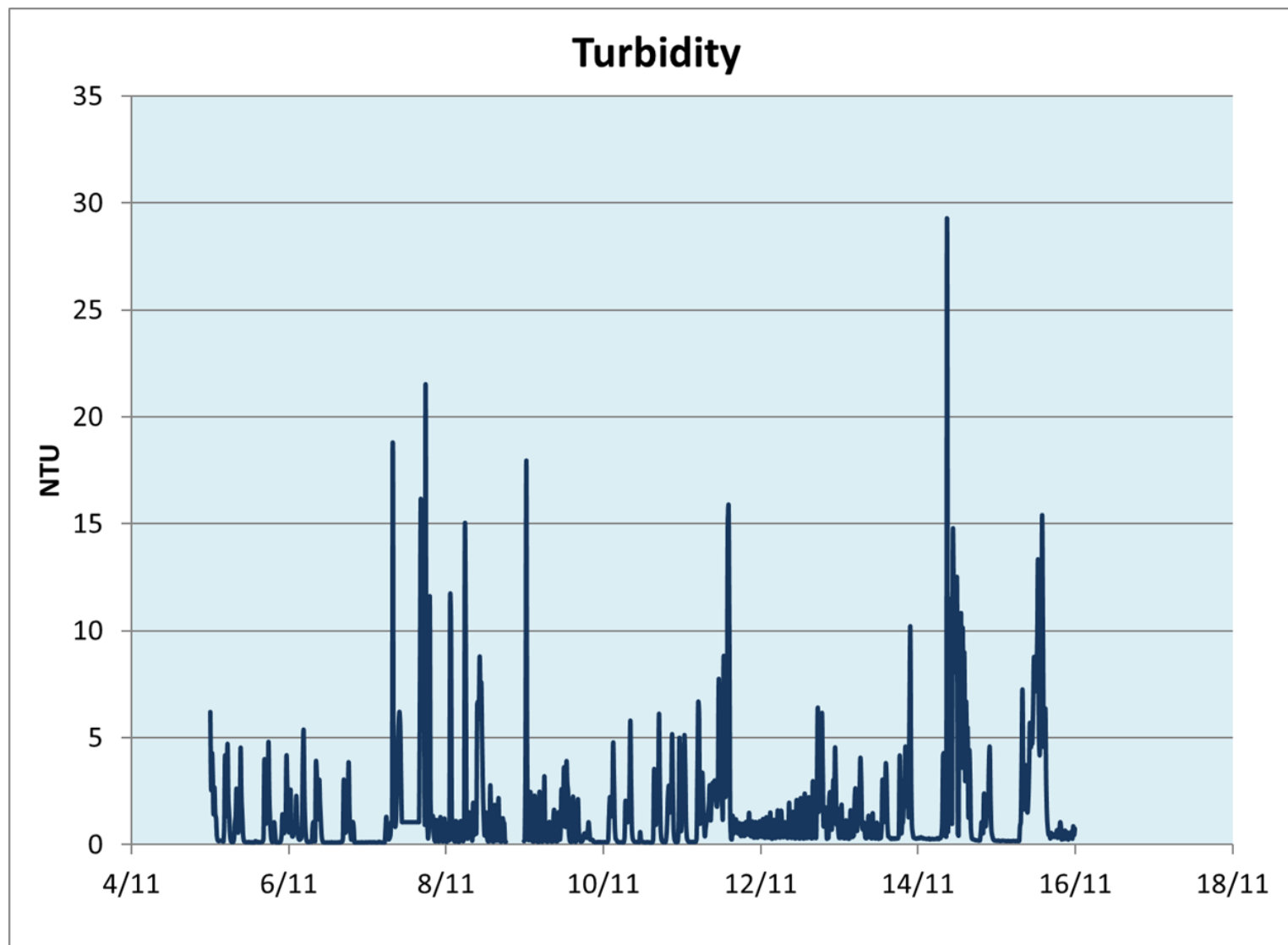


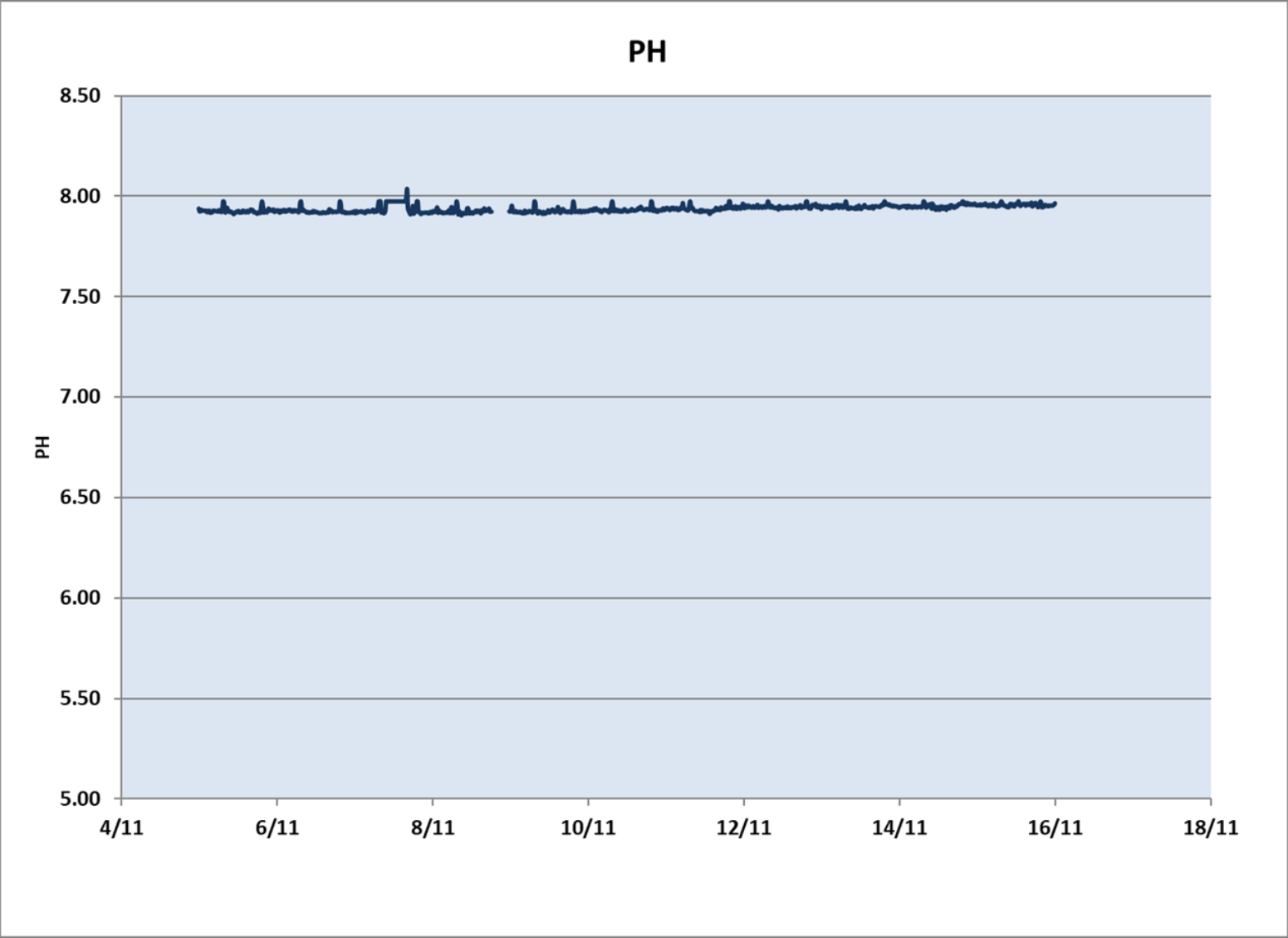
# Conductivity



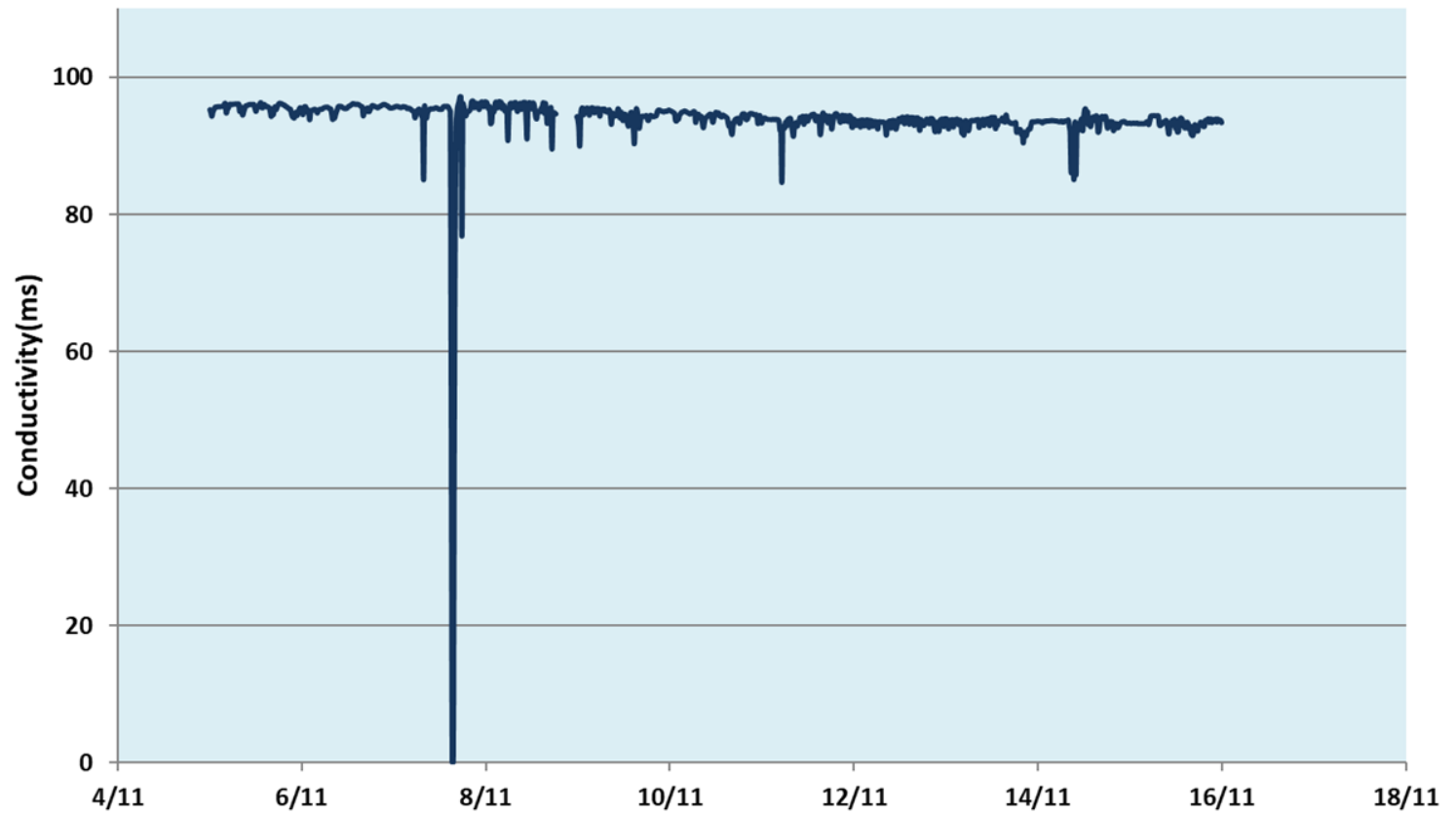
## Flows







## Conductivity



### חברת מקורות - מתקני התפלת מים מליחים מקידוחים

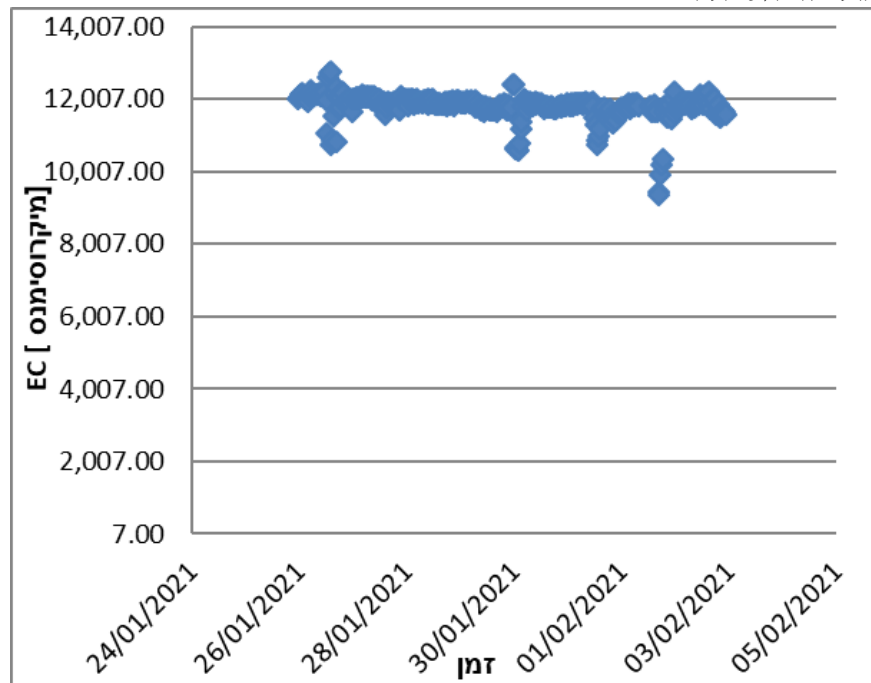
הנתונים נמסרו ע"י קריסטינה לסנר מהנדסת התפלה ואיכות מים, חברת מקורות

| חודש             | מתקן התפלה גרנות | מתקן התפלה גת  | מתקן התפלה ע"ש ציון כהן | סה"כ רכז         |
|------------------|------------------|----------------|-------------------------|------------------|
|                  | מ"ק              | מ"ק            | מ"ק                     | מ"ק              |
| ינו-21           | 146,363          | 20,926         | 290,625                 | 457,914          |
| פבר-21           | 190,218          | 16,467         | 263,039                 | 469,723          |
| מרץ-21           | 241,734          | 18,790         | 282,378                 | 542,902          |
| אפר-21           | 286,258          | 20,351         | 280,663                 | 587,271          |
| מאי-21           | 219,272          | 19,586         | 295,861                 | 534,720          |
| יוני-21          | 243,845          | 19,967         | 291,561                 | 555,373          |
| יולי-21          | 269,218          | 21,568         | 263,061                 | 553,847          |
| אוג-21           | 269,448          | 20,906         | 251,933                 | 542,287          |
| ספט-21           | 298,352          | 19,571         | 245,973                 | 563,895          |
| אוק-21           | 272,596          | 22,047         | 262,709                 | 557,352          |
| נוב-21           | 271,724          | 19,012         | 245,798                 | 536,534          |
| דצמ-21           | 262,283          | 20,301         | 275,610                 | 558,194          |
| <b>סה"כ 2021</b> | <b>2,971,311</b> | <b>239,493</b> | <b>3,249,210</b>        | <b>6,460,013</b> |

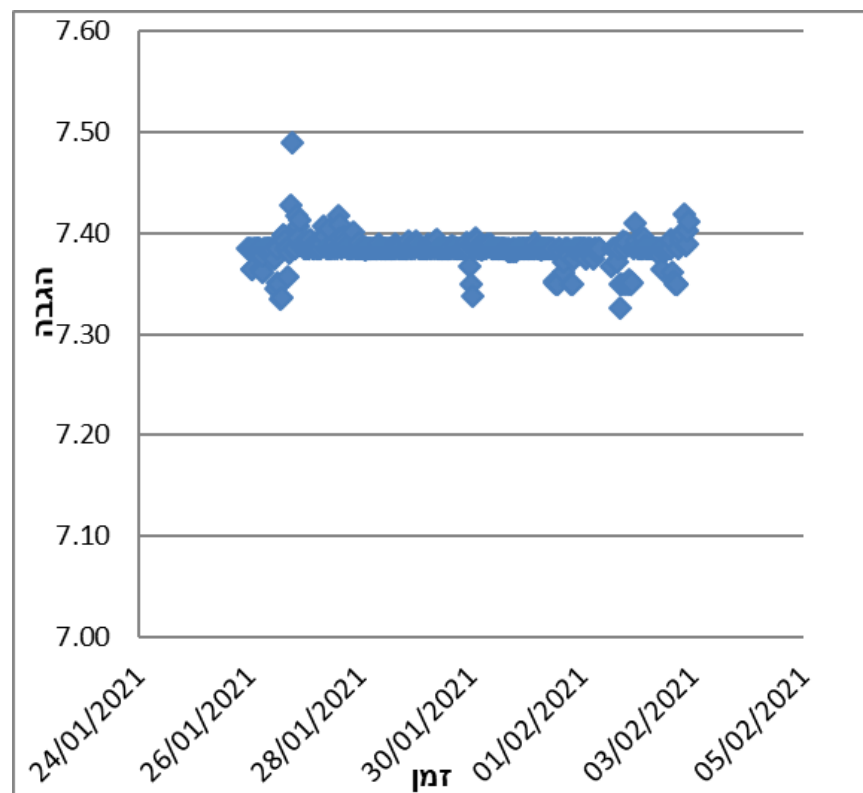
| פרמטר                      | עומסים   | ריכוז מנימלי | ריכוז מקסימלי | ריכוז ממוצע | סטיית תקן |
|----------------------------|----------|--------------|---------------|-------------|-----------|
|                            | טון לשנה | מג"ל         | מג"ל          | מג"ל        | מג"ל      |
| <u>NH4-N</u>               | 0.03     | 0            | 0.02          | 0           | 0         |
| <u>NO3-N</u>               | 391.73   | 54.92        | 84.52         | 60.64       | 4.37      |
| <u>NO2-N</u>               | 0.08     | 0            | 0.06          | 0.01        | 0.02      |
| <u>NKJT</u>                | 2.01     | 0            | 0.47          | 0.31        | 0.09      |
| <u>Total-N</u>             | 388.97   | 56.76        | 62.64         | 60.21       | 1.92      |
| <u>Total-P</u>             | 7.90     | 0.92         | 1.50          | 1.22        | 0.12      |
| <u>סיליקה כ-Si</u>         | 439.31   | 56.63        | 76.75         | 68.00       | 3.64      |
|                            |          | NTU          | NTU           | NTU         | NTU       |
| <u>עכירות (בדיקות שדה)</u> |          | 0.12         | 0.60          | 0.36        | 0.09      |

### 2.2.21

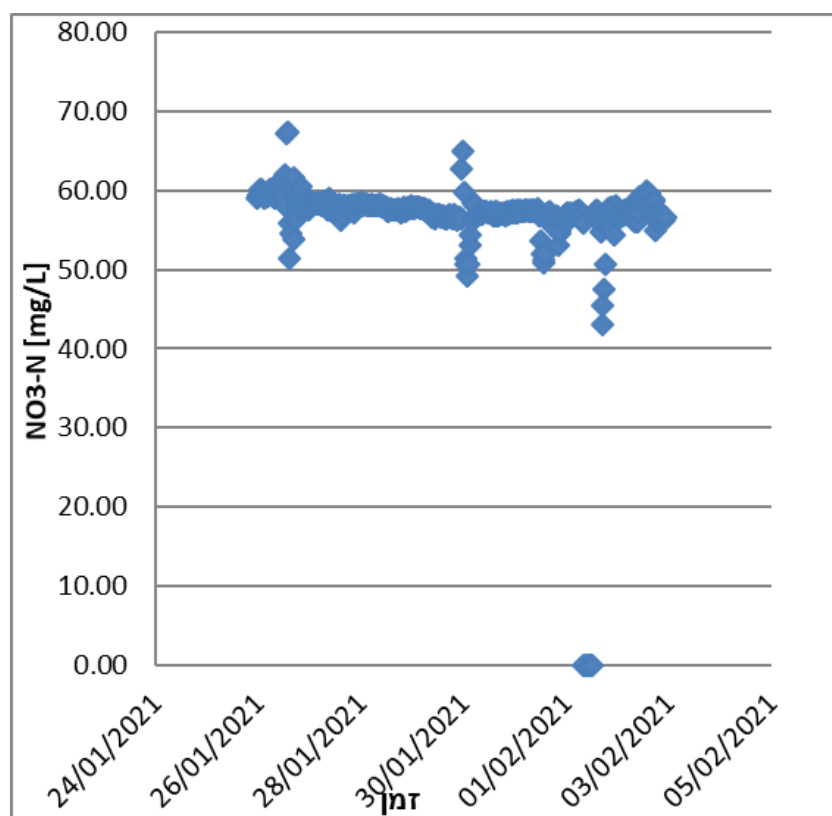
מוליכות חשמלית



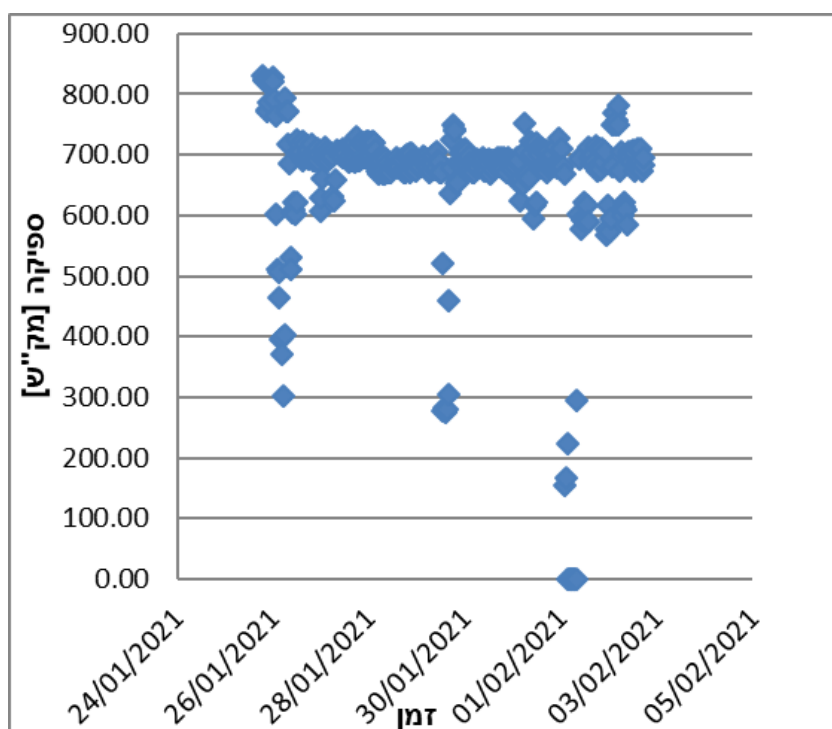
pH



NO3-N

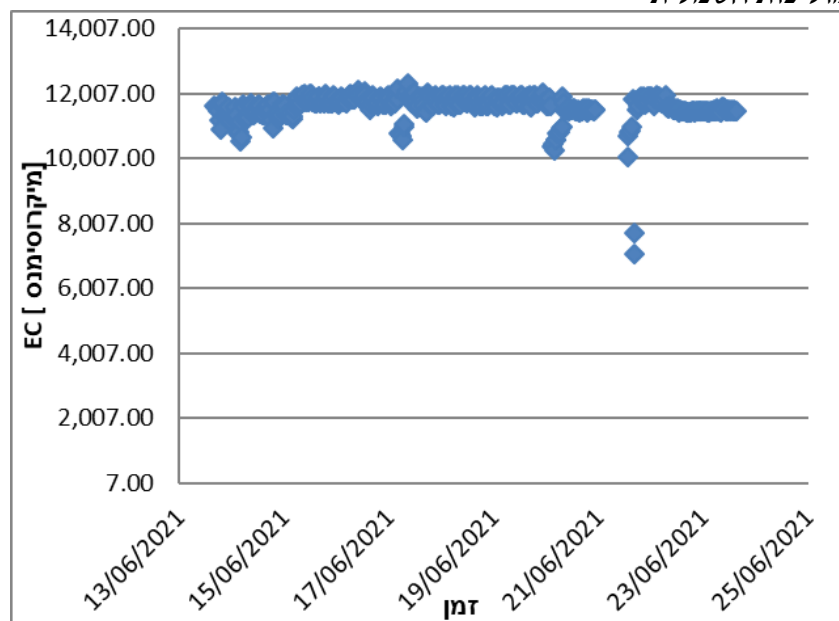


FLOW

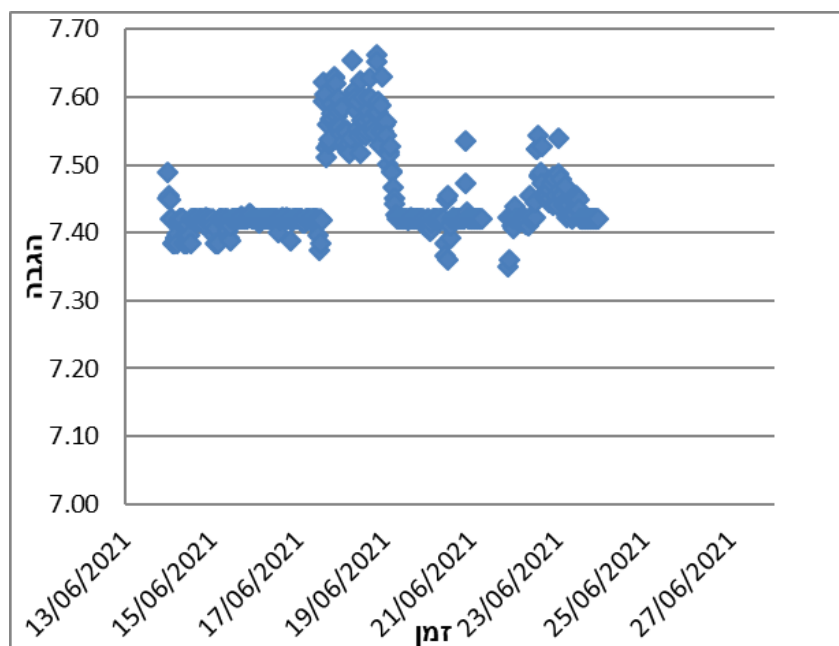


**23.6.21**

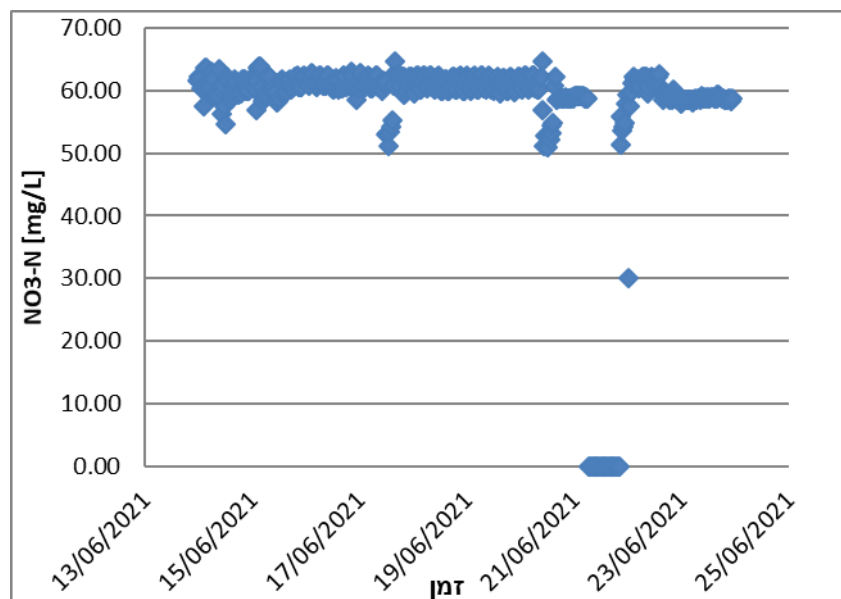
מוליכות חשמלית



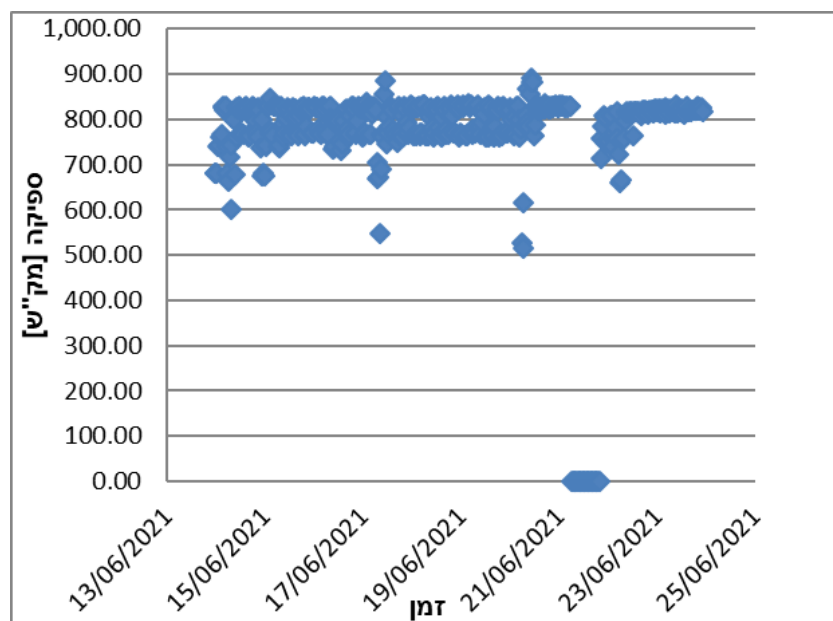
pH



NO3-N

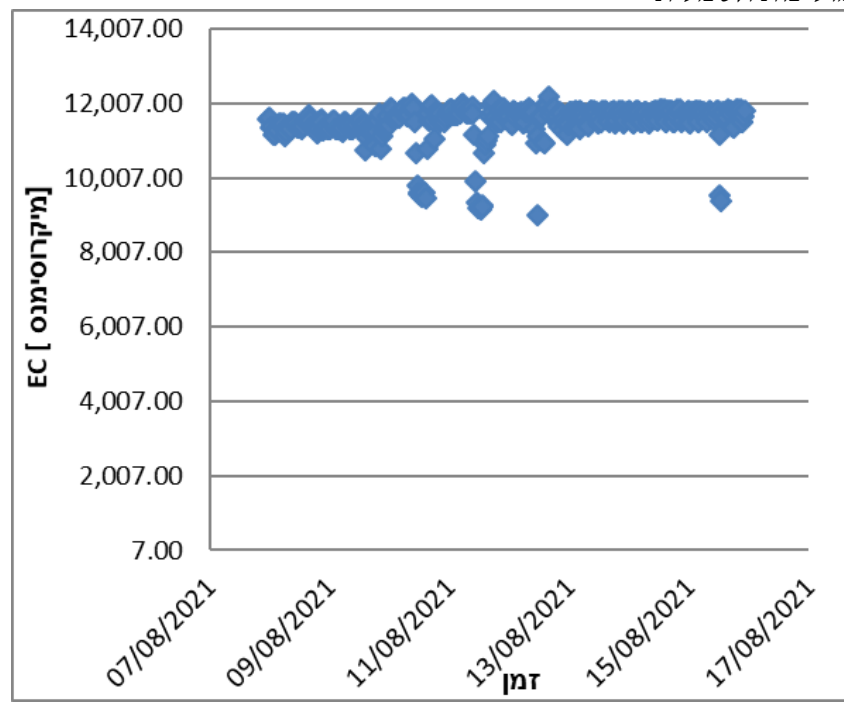


FLOW

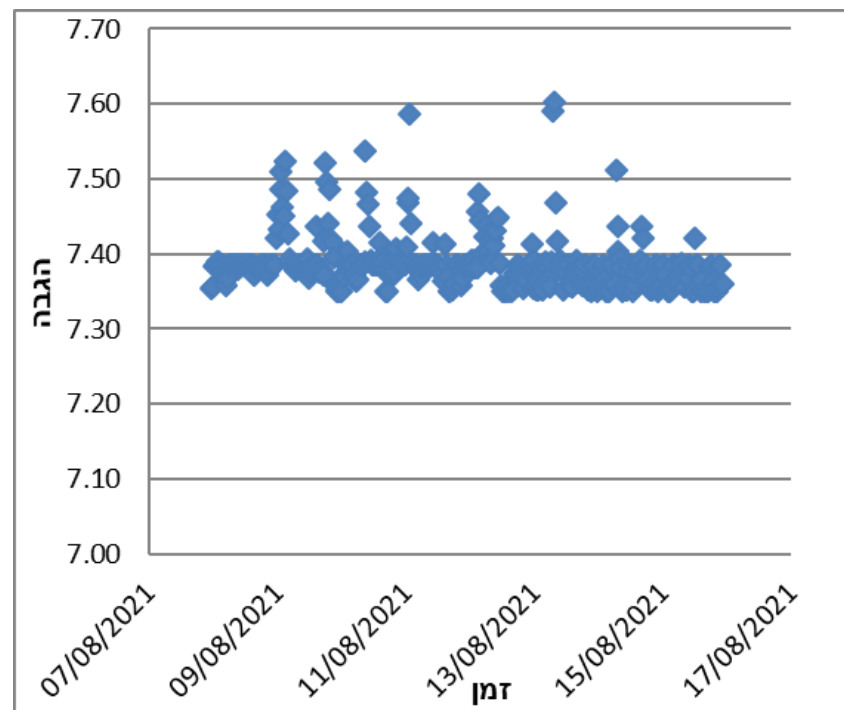


**15.8.21**

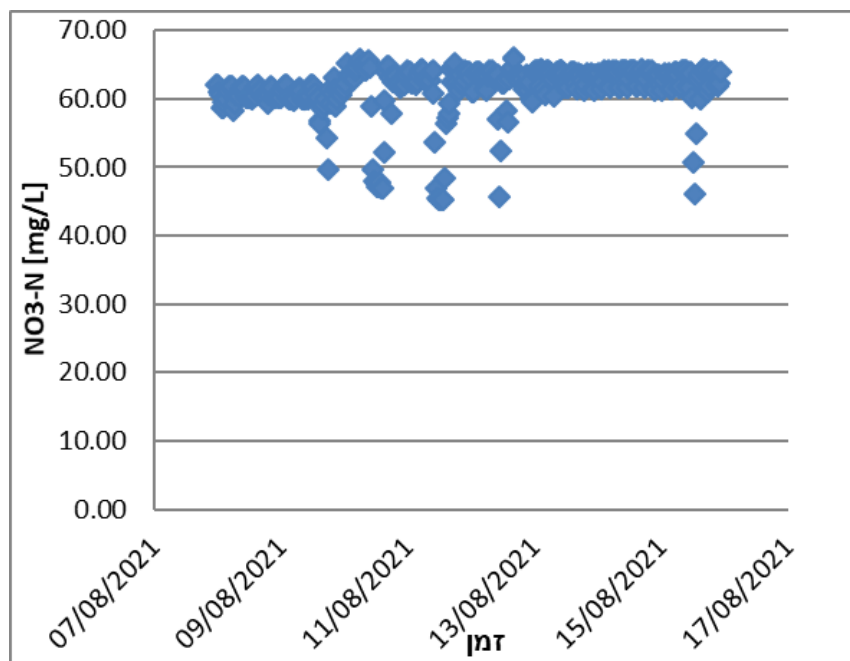
מוליכות חשמלית



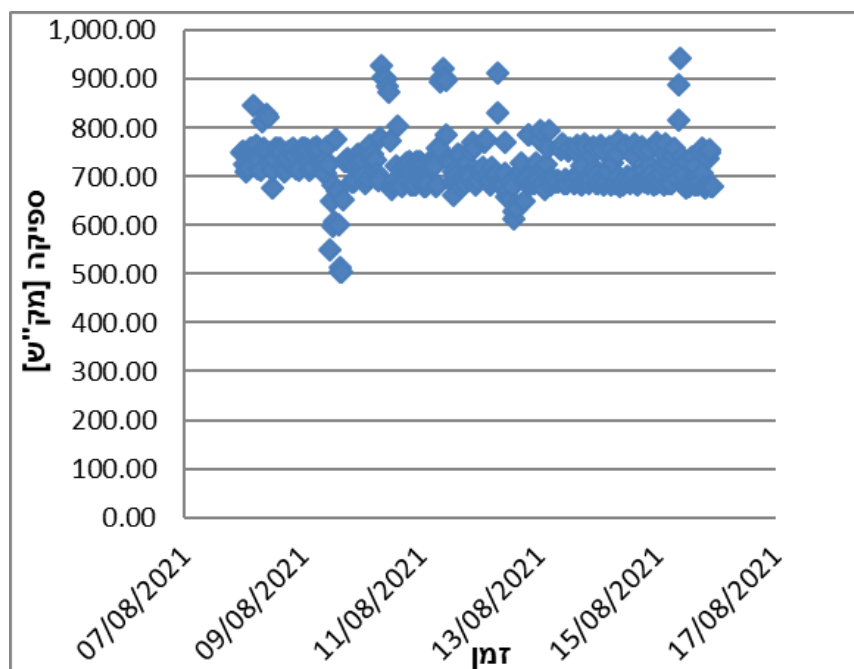
pH



NO3-N

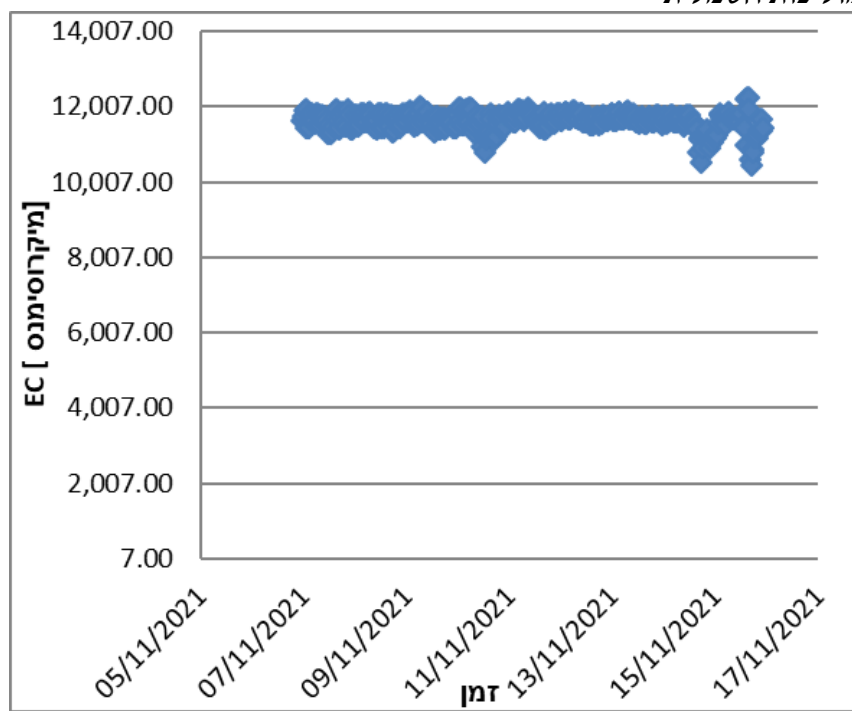


FLOW

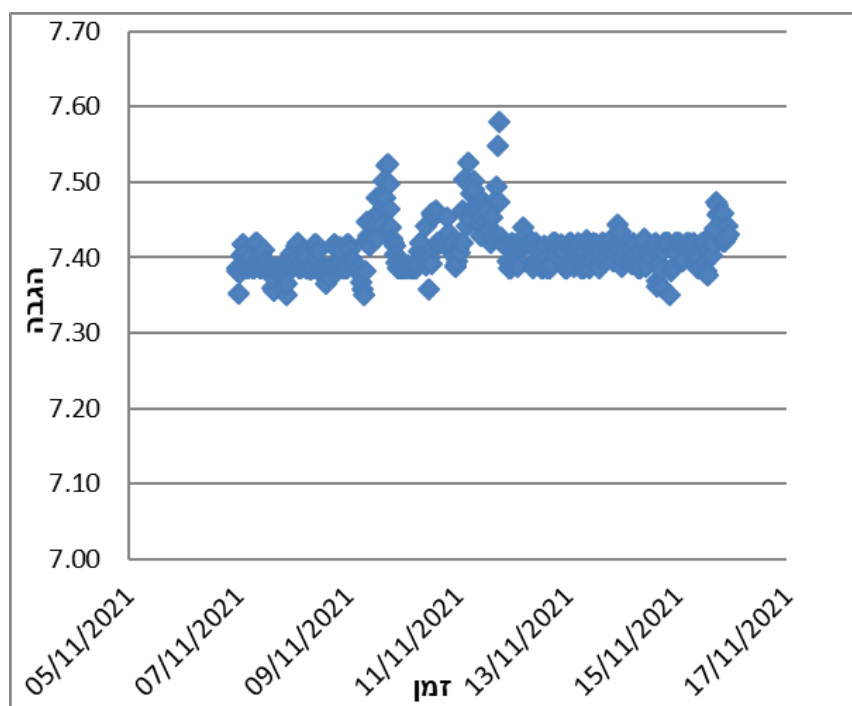


**14-15.11.21**

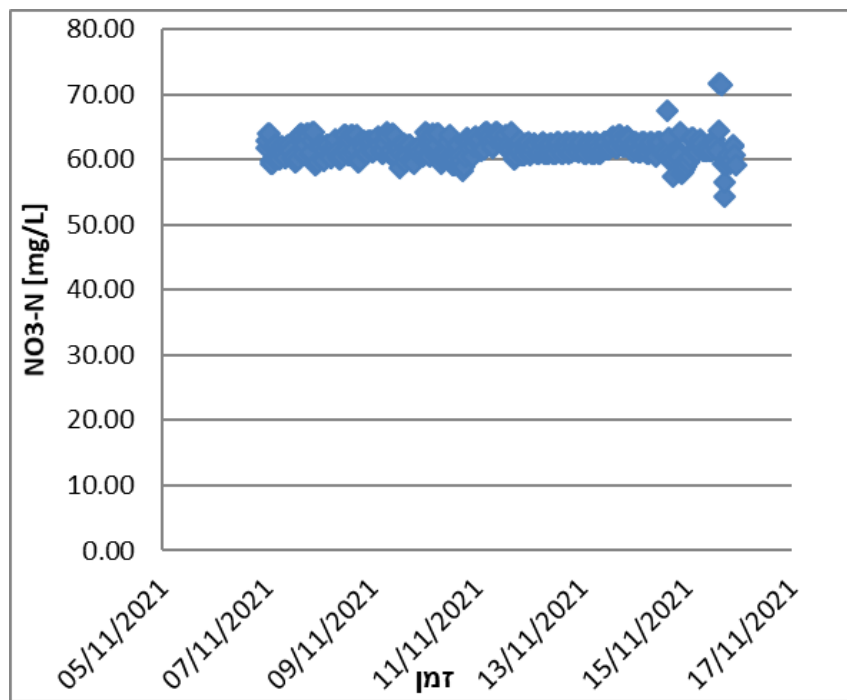
מוליכות חשמלית



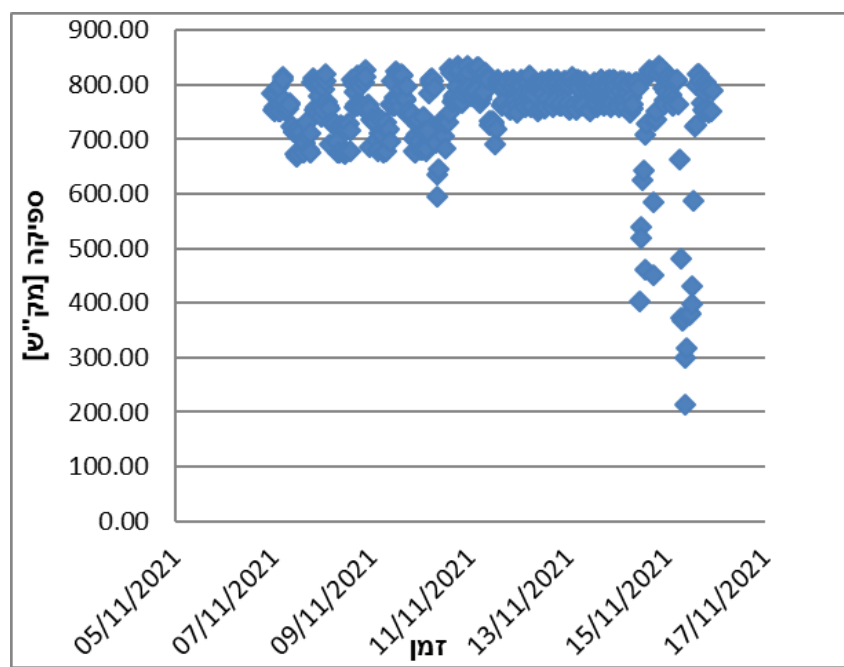
pH



NO3-N



FLOW



## דוראד אנרגיה

הנתונים נמסרו על ידי יצחק נוסבאום, מהנדס התפעול בחברת דוראד אנרגיה

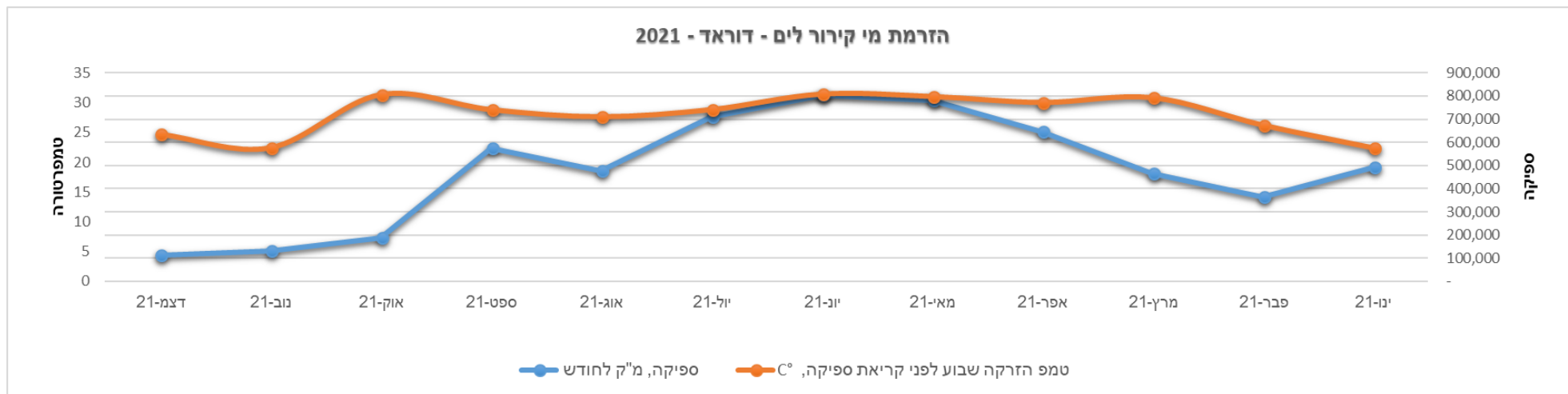
### תוספים למגדל הקירור - טון שנת 2021

| תוסף            | ינו-21 | פבר-21 | מרץ-21 | אפר-21 | מאי-21 | יוני-21 | יולי-21 | אוג-21 | ספט-21 | אוק-21 | נוב-21 | דצמ-21 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| אנטיסקאלנט, טון | 2.6    | 1.5    | 2.3    | 2.9    | 3.4    | 3.2     | 3.6     | 3.6    | 3.5    | 2.8    | 1.3    | 0.8    |
| ביוציד, טון     | 1.3    | 1.0    | 0.7    | 0.9    | 0.7    | 0.5     | 0.5     | 0.9    | 2.3    | 1.2    | 1.4    | 1.9    |
| היפוכלורית, טון | 9.0    | 6.5    | 6.9    | 15.6   | 9.6    | 8.4     | 3.0     | 8.1    | 19.2   | 6.0    | 8.2    | 12.0   |

### הזרמת מי קירור לים שנת 2021 במ"ק

|                  | ינו-21  | פבר-21  | מרץ-21  | אפר-21  | מאי-21  | יוני-21 | יולי-21 | אוג-21  | ספט-21  | אוק-21  | נוב-21  | דצמ-21  |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ספיקה, מ"ק לחודש | 492,144 | 363,450 | 466,622 | 647,355 | 781,132 | 801,635 | 708,078 | 477,746 | 576,058 | 188,136 | 130,974 | 112,055 |

# תחנת הכח דוראד אנרגיה - טמפרטורה וספיקה שנת 2021



### מפעל אינטל אלקטרוניקה

הנתונים נמסרו ע"י טבת בר-אל, מהנדסת איכות הסביבה באינטל אלקטרוניקה

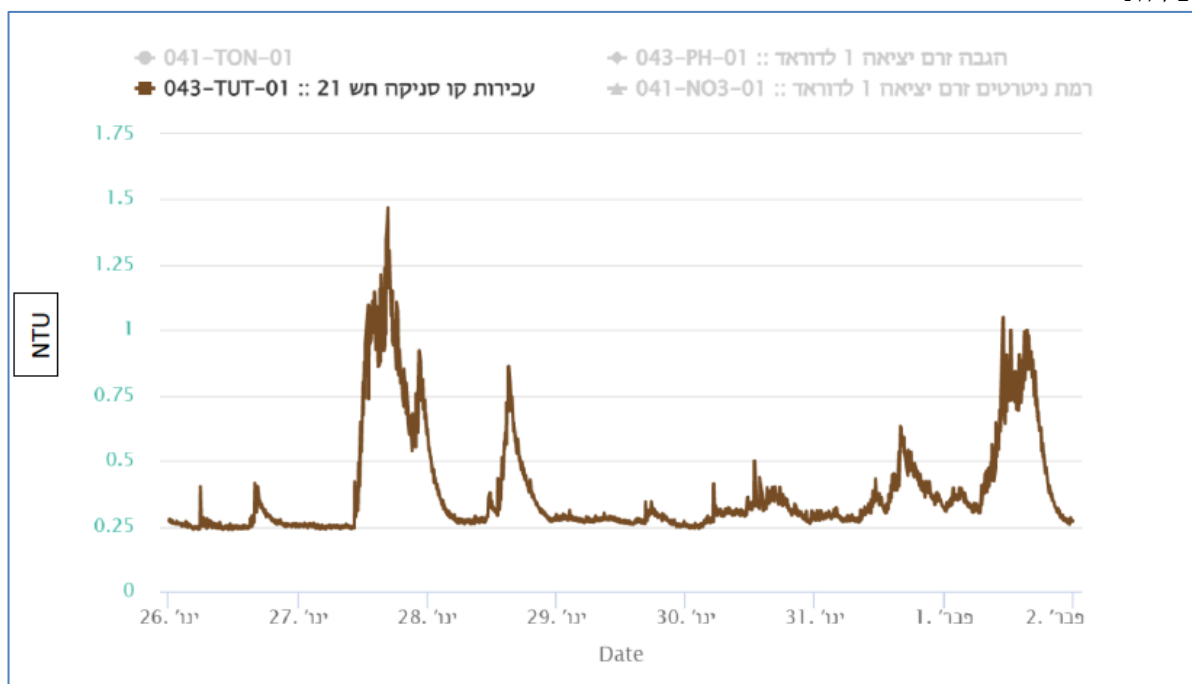
#### הזרמות לים שנת 2021

| חודש    | ספיקה מ"ק |
|---------|-----------|
| ינואר   | 21,000    |
| פברואר  | 9,000     |
| מרץ     | 5,000     |
| אפריל   | 9,000     |
| מאי     | 5,000     |
| יוני    | 37,000    |
| יולי    | 13,000    |
| אוגוסט  | 91,000    |
| ספטמבר  | 77,000    |
| אוקטובר | 3,000     |
| נובמבר  | 29,000    |
| דצמבר   | 2,000     |

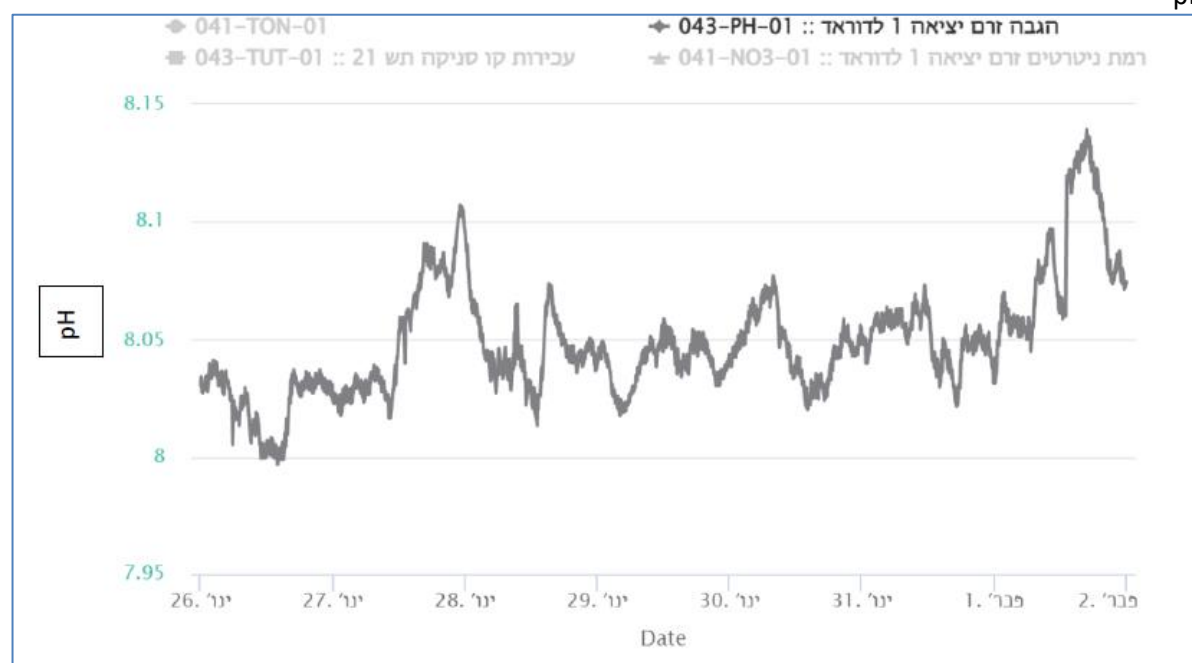
#### עומס שנתי לשנת 2021

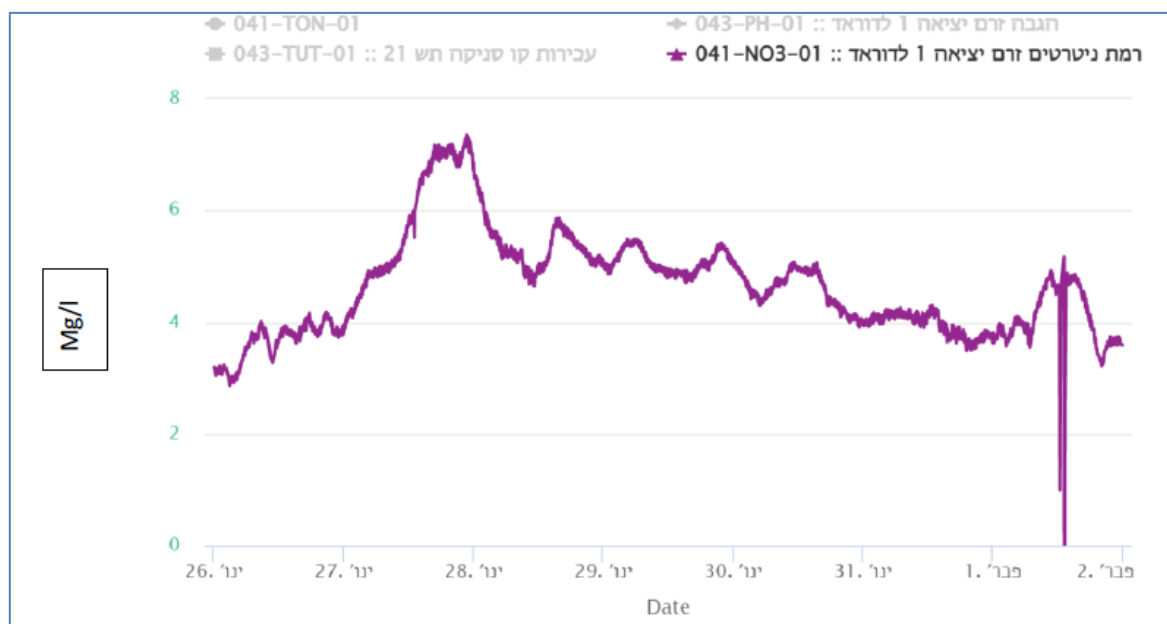
| פרמטר     | עומסים / טון לשנה |
|-----------|-------------------|
| חנקן כללי | 9.32              |
| TOC       | 12.12             |
| TSS       | 0                 |
| Fluoride  | 12.97             |
| Cu        | 0                 |
| P         | 1.73              |

26.1-2.2.2021  
עכירות

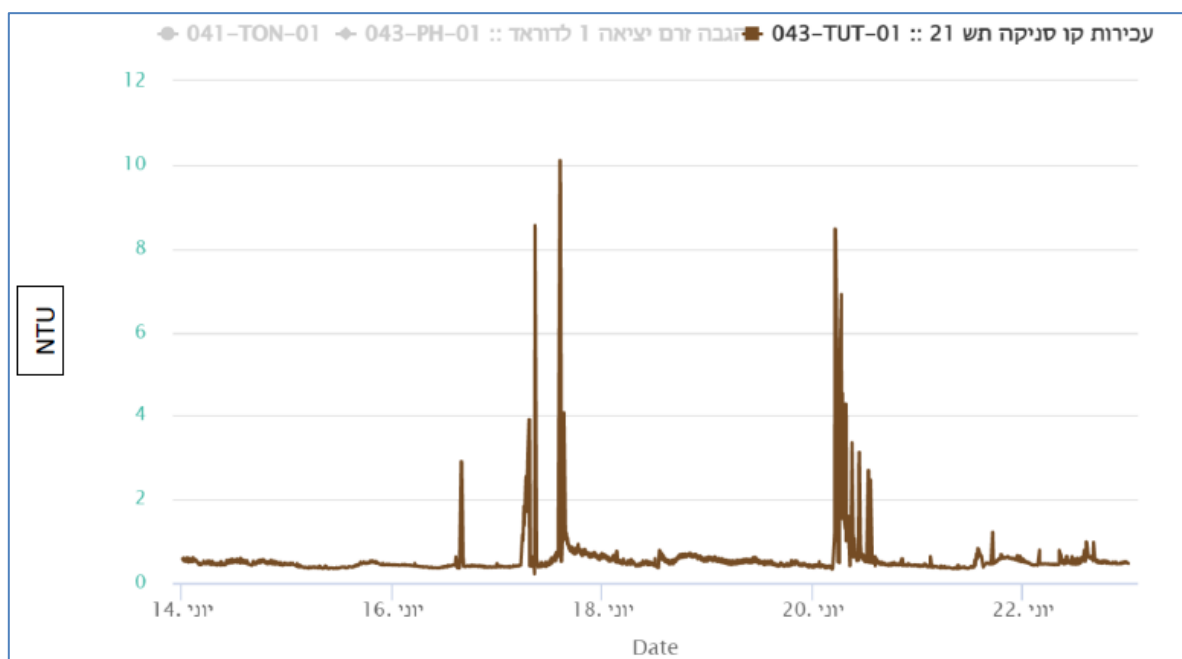


pH

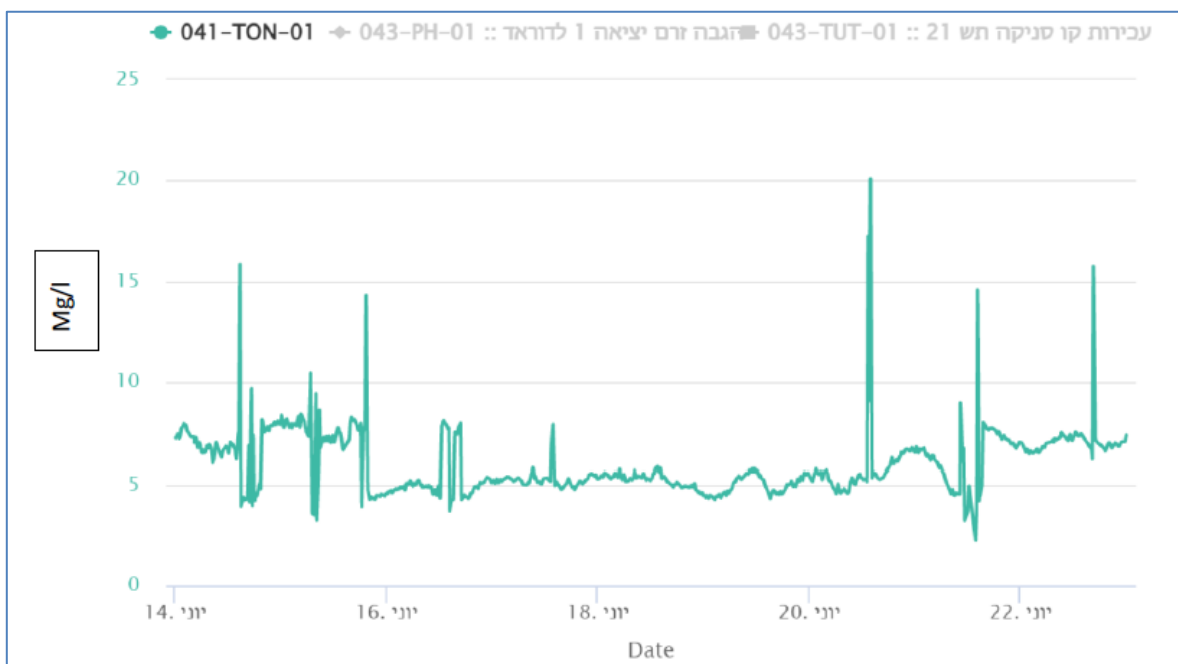




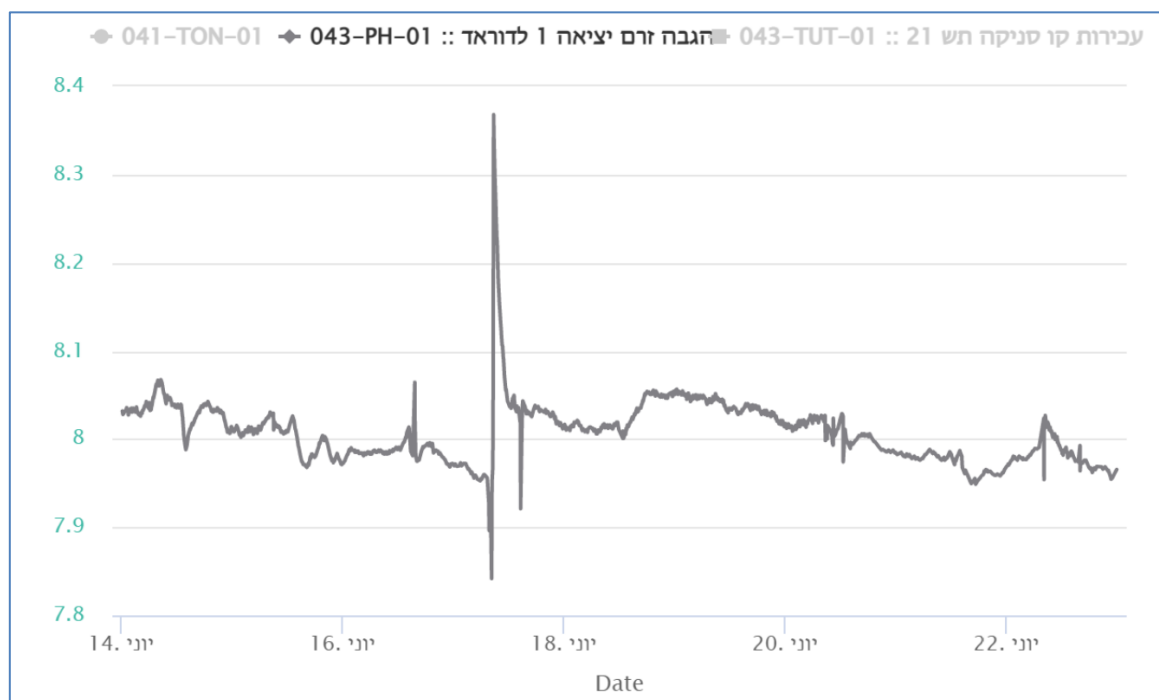
14-23.6.2021  
עכירות



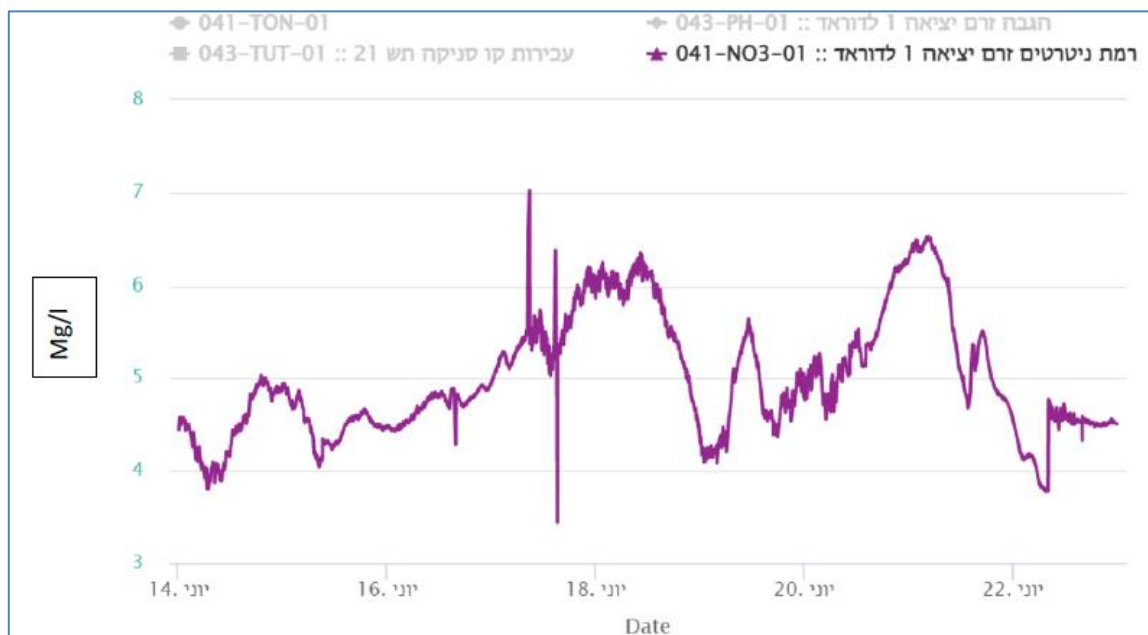
TN



pH

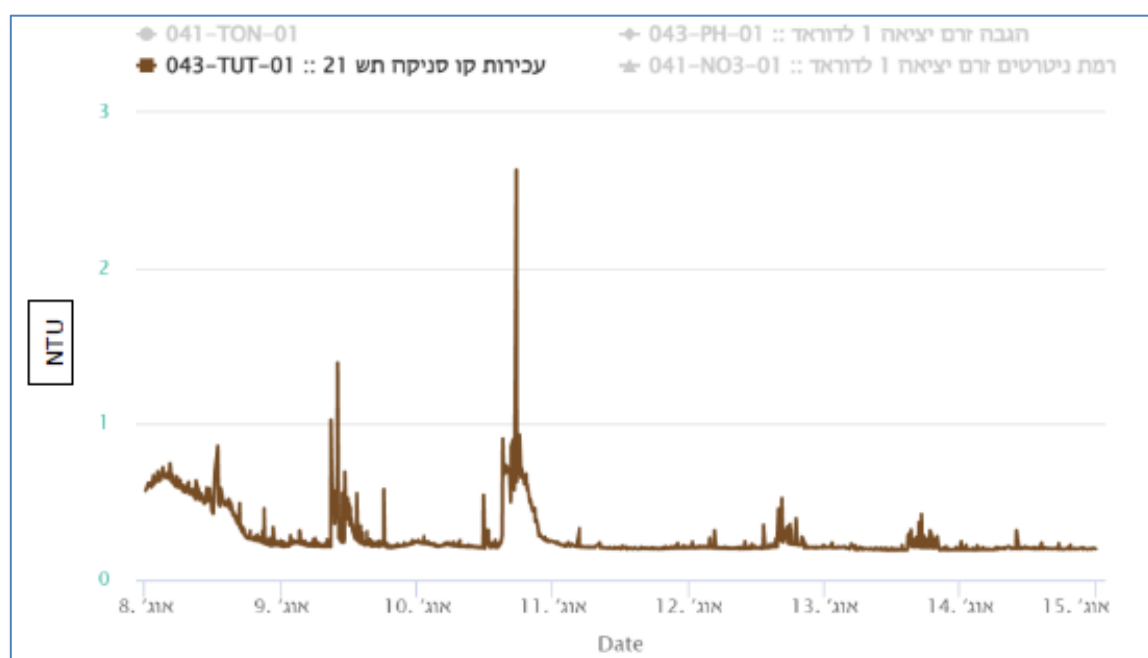


## ניטראט

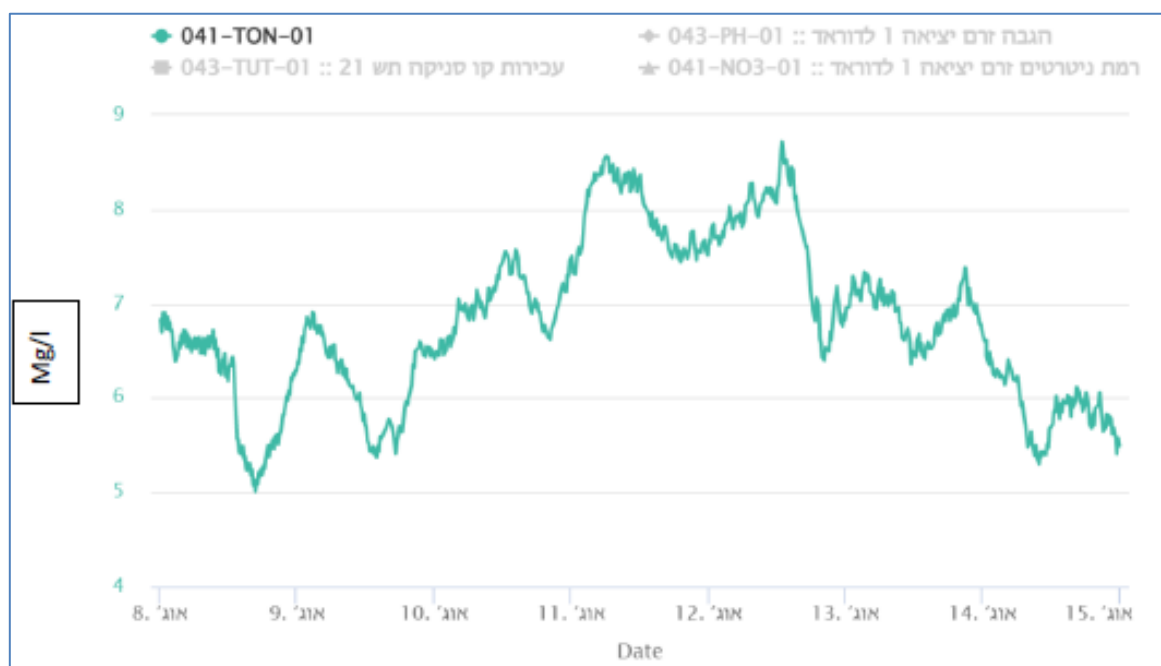


8-15.8.2021

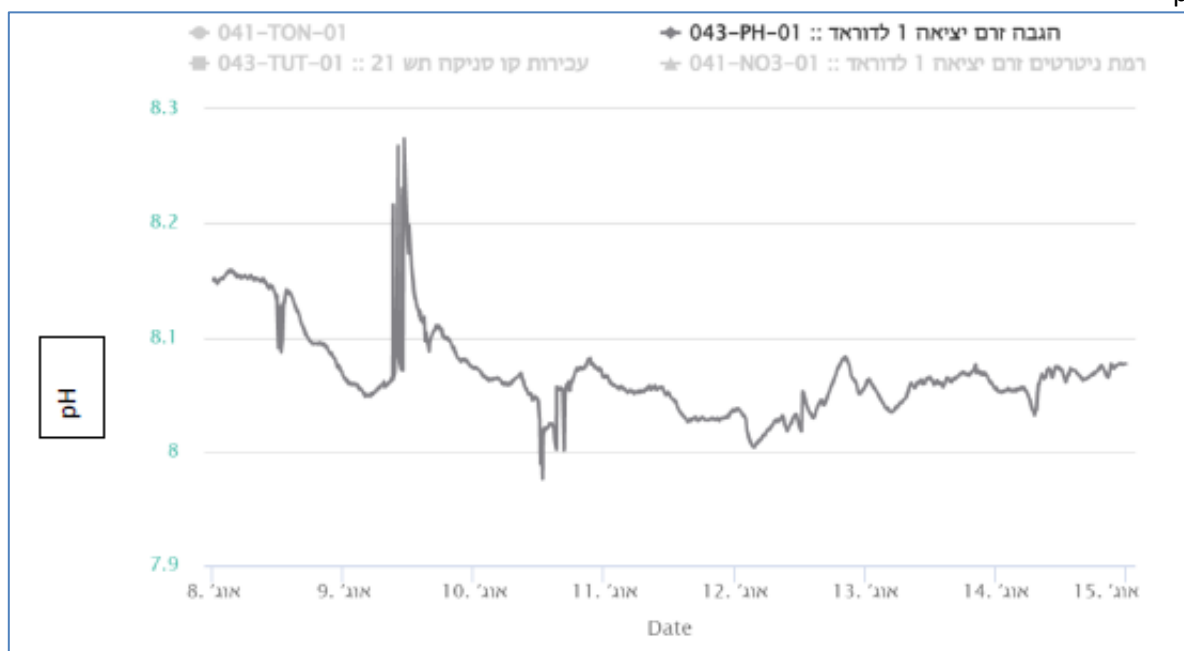
## עכירות

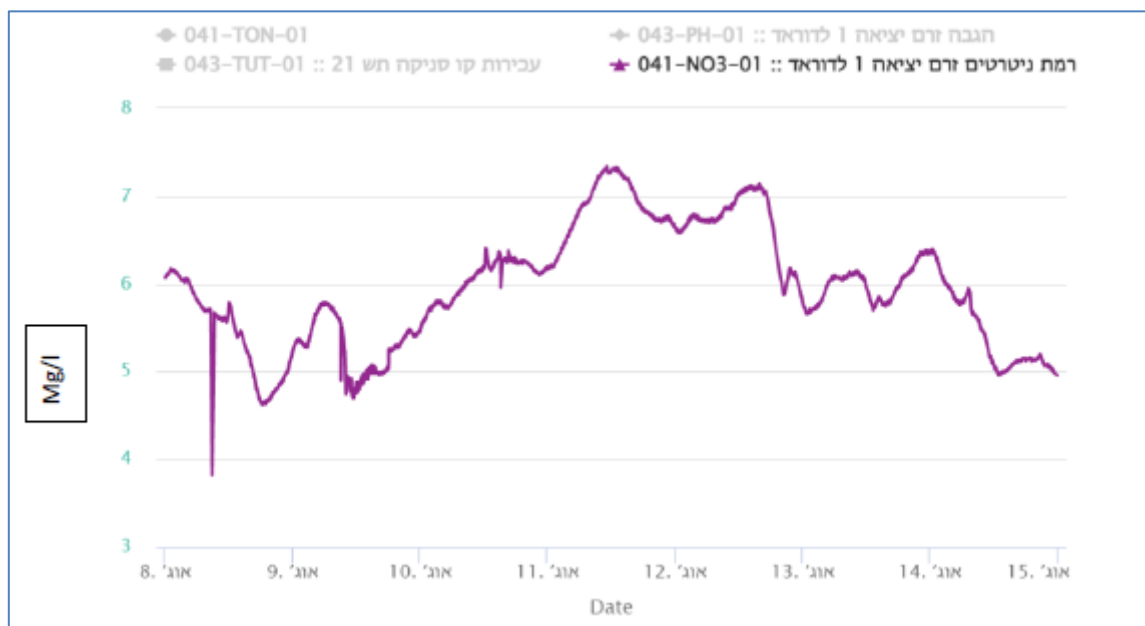


TN

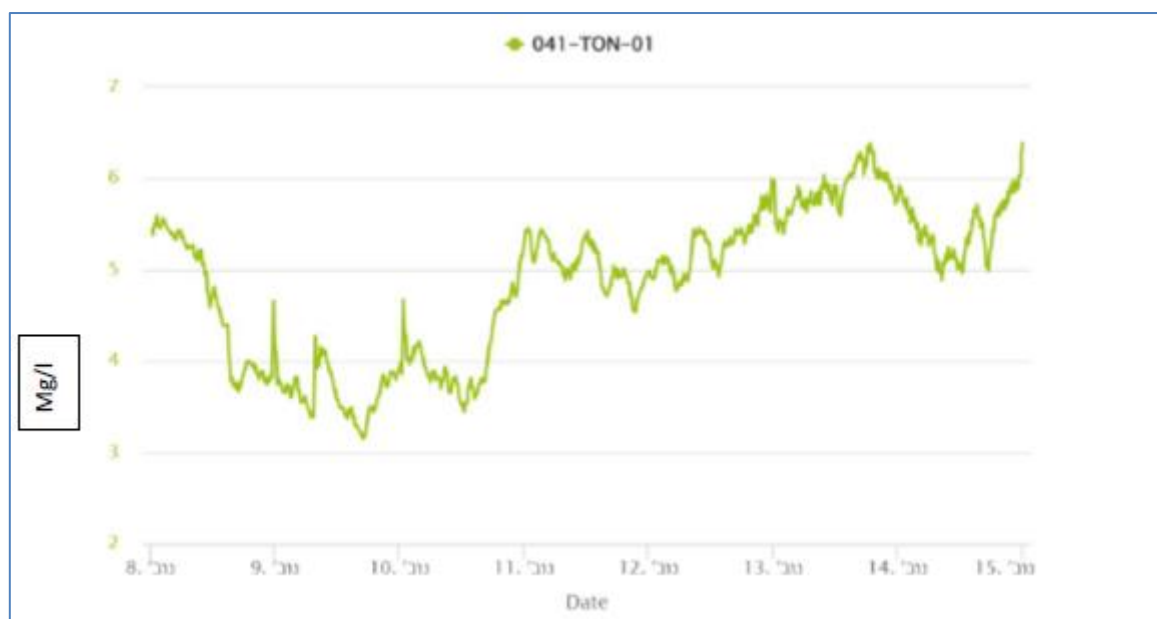


pH

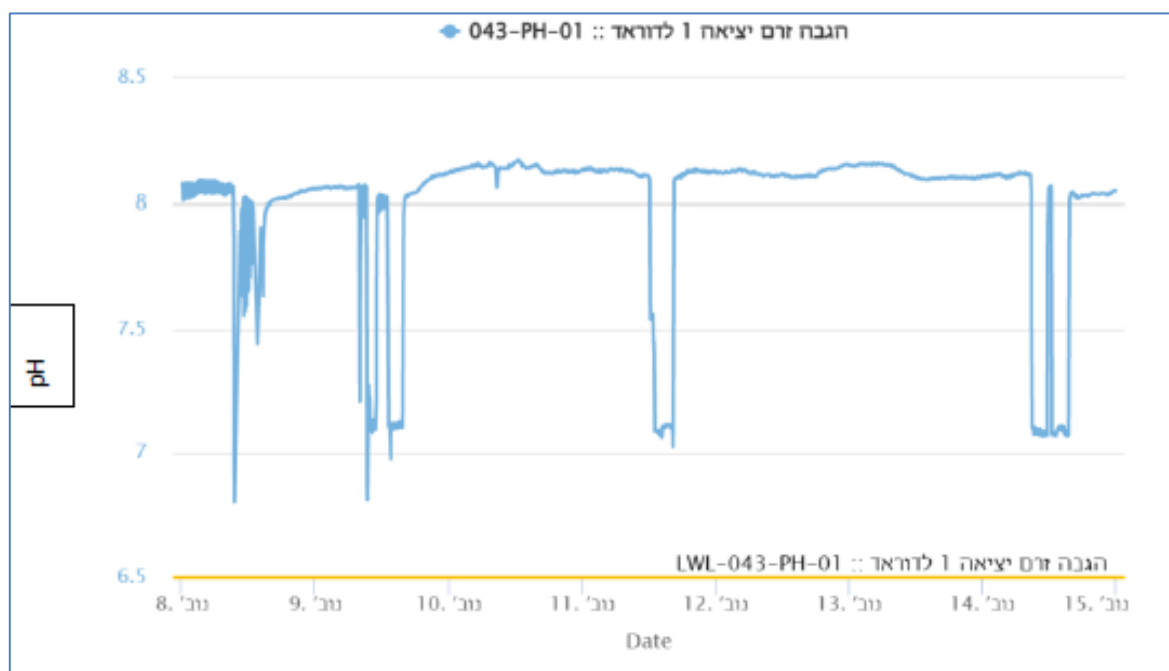




8-15.11.2021  
TN



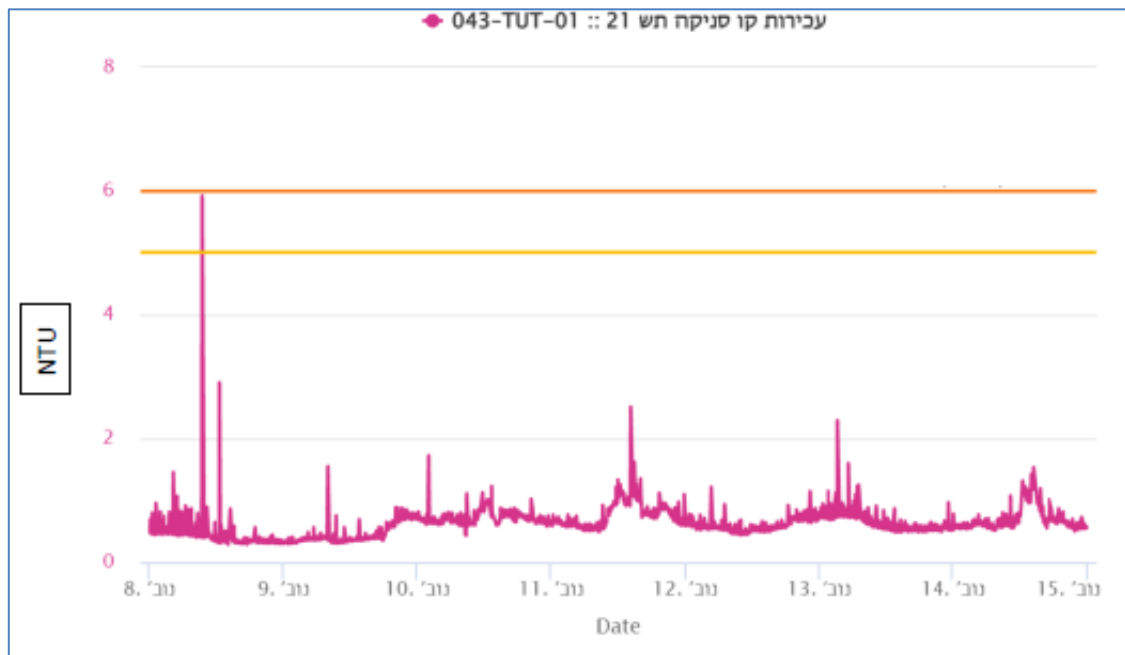
pH



ניטראט



## עכירות



נספח ג'

תמונות גלעיני סדימנט

26.5.2021 , אביב 2021

8N



7N



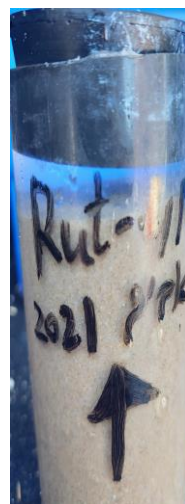
6



5



4N



16



15



14



12



נספח ד'

נתוני החי בתוך המצע

**מאסך החי בתוך המצע ב-13 נקודות RUT שנדגמו באביב 2021.**

[illegible]

## המשך טבלה:

|                                   | RUT 8 |    |    | RUT 10 |     |     | RUT 11 |     |     | RUT 12 |     |     | RUT 13 |     |    | RUT 14 |    |    |
|-----------------------------------|-------|----|----|--------|-----|-----|--------|-----|-----|--------|-----|-----|--------|-----|----|--------|----|----|
|                                   | a     | b  | c  | a      | b   | c   | a      | b   | c   | a      | b   | c   | a      | b   | c  | a      | b  | c  |
| Acoela                            |       |    |    |        |     |     | 12     | 1   |     | 100    | 27  | 23  |        |     |    | 11     | 92 | 22 |
| ANNELIDA                          |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Polychaeta                        | 1     |    |    | 3      |     | 2   | 1      | 1   | 3   |        |     | 1   | 18     |     |    |        |    |    |
| P. Glyceridae                     |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     | 1  |        |    |    |
| P. Hesionidae                     |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| P. Magelonidae                    |       |    | 1  |        |     |     |        |     |     |        | 1   |     |        |     |    |        |    |    |
| P. Nephtyidae                     | 15    | 15 | 32 | 13     | 10  | 11  | 1      | 3   | 2   |        | 4   | 4   |        | 11  | 9  | 7      | 9  | 7  |
| P. Orbiniidae                     |       | 1  | 1  |        |     |     | 2      |     |     | 12     | 2   | 2   |        |     |    |        |    |    |
| P. Phyllodocidae                  |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        | 1   |     |        |     |    |        |    |    |
| P. Sigalionidae                   |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| P. Spionidae                      |       | 2  |    |        |     |     | 2      |     | 2   |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| P. Syllidae                       |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| CRUSTACEA                         |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Copepoda Calanoida                |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| C. Cyclopoida                     |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| C. Harpacticoida                  |       | 2  |    |        | 1   |     |        |     |     |        |     |     |        | 1   |    | 1      |    |    |
| Amphipoda Corophium               |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| A. Gammaridae                     |       | 12 | 1  | 2      | 3   | 5   | 24     | 32  | 14  | 5      |     | 1   | 9      | 6   | 3  | 1      | 1  | 1  |
| A. Urothoe sp.                    | 1     | 1  | 1  |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Anomura                           |       |    |    | 1      |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Brachyura larvae                  |       |    |    |        |     | 1   |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Cumacea                           |       |    |    |        |     | 1   | 2      | 1   | 2   | 2      |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Decapoda Brachyura                |       |    |    |        |     |     |        | 1   |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Isopoda                           |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| I. Cirolana sp.                   |       |    |    | 1      |     | 1   |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| I. Anthuridae                     |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Mysida Gastrosaccus mediterraneus |       |    |    |        |     |     | 3      |     |     | 2      |     |     |        |     |    |        | 1  | 1  |
| Tanaidacea                        |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| T. Apseudes                       |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Ostracoda                         |       |    |    |        | 1   |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    | 1  |
| MOLLUSCA                          |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Bivalvia                          |       |    |    | 1      |     |     |        |     |     |        |     | 1   |        |     |    |        |    |    |
| B. Modiolus barbatus              |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| B. Donax trunculus                |       |    |    |        | 2   | 1   | 2      |     |     |        |     |     |        | 2   | 1  |        |    |    |
| B. Donax venustus                 |       |    | 1  |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Gastropoda                        |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Leucotina natalensis.             |       |    | 1  |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Sphaeronassa mutabilis            |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Nematoda                          | 71    | 64 | 49 | 336    | 247 | 142 | 964    | 914 | 606 | 514    | 420 | 394 | 58     | 248 | 93 | 190    | 90 | 72 |
| Nemertea                          |       |    |    |        |     | 1   |        | 7   | 2   | 2      | 5   |     |        | 2   | 2  |        |    | 1  |
| Echiura                           |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Hydrozoa                          |       |    |    |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |
| Chaetognatha                      |       |    | 1  |        |     |     |        |     |     |        |     |     |        |     |    |        |    |    |

מאסף החי בתוך המצע ב-13 נקודות RUT שנדגמו בסתיו 2021.

|                                          | RUT 1 |    |    | RUT 2 |     |     | RUT 3 |     |     | RUT 4 |     |     | RUT 5 |     |     | RUT 6 |     |     | RUT 7 |     |     |
|------------------------------------------|-------|----|----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|
|                                          | a     | b  | c  | a     | b   | c   | a     | b   | c   | a     | b   | c   | a     | b   | c   | a     | b   | c   | a     | b   | c   |
| <b>ANELLIDA</b>                          |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Polychaeta</b>                        |       |    |    |       |     |     | 1     |     |     |       |     |     |       |     |     | 4     | 1   |     | 3     |     |     |
| <b>P. Cirratulidae</b>                   |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>P. Eunicidae</b>                      |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 1     |     |     |
| <b>P. Glyceridae</b>                     |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>P. Hesionidae</b>                     |       |    |    |       |     |     | 1     |     | 1   |       |     | 2   | 2     | 1   | 6   | 1     | 4   | 1   | 2     | 1   |     |
| <b>P. Maldanidae</b>                     |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>P. Nephtyidae</b>                     |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 1     | 2   |     | 5     | 3   |     |
| <b>P. Onuphidae</b>                      |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 1     |     |     |       |     |     |
| <b>P. Orbiniidae</b>                     |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     | 1   | 2     | 1   |     | 1     | 2   | 1   |
| <b>P. Paraonidae</b>                     |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>P. Saccociridae</b>                   |       | 1  |    | 48    | 37  | 29  |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>P. Sigalionidae</b>                   |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       | 2   |     |
| <b>P. Spionidae</b>                      |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 1     | 1   |     |
| <b>CRUSTACEA</b>                         |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Copepoda Calanoida</b>                |       |    |    |       |     |     | 1     | 1   | 1   |       |     |     |       |     |     | 1     |     |     |       |     | 1   |
| <b>C. Cyclopoida</b>                     |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>C. Harpacticoida</b>                  |       |    |    | 1     | 1   |     | 2     | 3   |     | 2     |     |     | 1     | 1   |     | 9     | 2   | 2   | 13    | 36  | 9   |
| <b>Amphipoda Corophium</b>               |       |    |    |       |     |     | 2     | 1   |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>A. Gammaridae</b>                     |       |    |    |       |     |     | 1     | 2   |     | 1     |     |     | 1     |     |     | 4     | 3   | 1   |       |     | 1   |
| <b>A. Urothoe sp.</b>                    |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 1     |     |     | 1     |     |     |
| <b>Brachyura</b>                         |       |    |    |       |     |     | 1     |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Isopoda</b>                           |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Mysida Gastrosaccus mediterraneus</b> |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Ogyrides mjoebergi</b>                |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Tanaidacea</b>                        |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Tanaidacea Apseudes</b>               |       |    | 1  |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Ostracoda</b>                         |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 1     |     |     |
| <b>MOLLUSCA</b>                          |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Bivalvia</b>                          |       |    |    | 1     |     |     |       |     |     | 2     |     |     |       |     |     |       |     | 1   |       | 2   | 1   |
| <b>B. Modiolus barbatus</b>              |       |    |    |       |     |     | 1     |     |     |       |     |     | 1     |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>B. Donax trunculus</b>                |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>B. Donax sp.</b>                      |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 2     | 1   |     |       | 1   | 2   |
| <b>B. Mactra stultorum</b>               |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 1     |     |     |       | 4   | 2   |
| <b>B. Montacuta substriata</b>           |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>B. Brachiodontes</b>                  |       |    |    | 1     |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       | 1   |     |
| <b>B. Mytilidae</b>                      |       |    |    | 1     |     |     |       |     |     |       |     |     |       | 1   |     | 1     |     |     |       | 2   |     |
| <b>Gastropoda</b>                        |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Nematoda</b>                          | 83    | 67 | 44 | 76    | 245 | 108 | 259   | 456 | 231 | 168   | 151 | 174 | 326   | 395 | 430 | 258   | 421 | 194 | 327   | 272 | 418 |
| <b>Nemertea</b>                          | 18    | 7  | 25 | 20    | 6   | 27  | 3     | 4   | 5   | 2     |     | 1   |       |     | 2   | 1     | 1   | 1   |       |     |     |
| <b>Echiura</b>                           |       |    |    |       |     |     |       |     |     | 1     |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Acari</b>                             |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     | 1   |
| <b>Actinaria</b>                         |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 1     |     |     |       |     |     |
| <b>Branchiostoma lanceolatum</b>         |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       | 1   |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Phoronida</b>                         |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     |
| <b>Acoela</b>                            |       |    |    |       |     |     |       |     |     |       |     |     |       |     |     | 1     |     |     |       |     |     |

## המשך טבלה:

[illegible]

## נספח ה

**ניתוח מגמות רב שנתי (2008 – 2021) של ריכוזי נוטריאנטים במי הים באזור  
ניטור רוטנברג, בדגש על ניטראט וניטריט, חנקן כללי וחומצה סיליצית**

יובל כהן<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> יועץ לחברת וי.א.די ולחברת החשמל לישראל

# ניתוח מגמות רב שנתי (2008 – 2021) של ריכוזי נוטריאנטים במי הים בדגש על ניטראט וניטריט, חנקן כללי וחומצה סיליצית

## 1. התקופה הנדונה

ניתוח המגמות הרב-שנתי של ריכוזי הנוטריאנטים באזור ניטור רוטנברג (להלן – "אזור הניטור", איור 1), בדגש על ניטראט וניטריט, חנקן כללי וחומצה סיליצית, מתבצע עפ"י דרישת המשרד להגנת הסביבה החל מדוח הניטור לשנת 2017. ניתוח המגמות מתייחס לשנים 2008 – 2021 (להלן – "תקופת הניטור"). לפני 2008 בדיקות הנוטריאנטים במי הים במסגרת הניטור בוצעו בשיטות שאינן מתאימות למי ים. החל משנת 2008 בדיקות הנוטריאנטים מתבצעות ע"י חקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל) בשיטות מתאימות למי ים.<sup>2</sup>

## 2. הזרמות נוטריאנטים לאזור הניטור

ניתוח המגמות של ריכוזי הנוטריאנטים במי הים באזור הניטור מתייחס להזרמות של נוטריאנטים לאזור בתקופת הניטור. מקורות הנוטריאנטים שתורמתם הכמותית ידועה ודווחה במסגרת הדרישות בהיתרי ההזרמה לים כוללים: מי רכז ממתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של חברת מקורות, מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון, שפכים תעשייתיים מטופלים מתחנת הכח רוטנברג (עד שנת 2013 הוזרמו לתעלות מי הקירור של תחנת הכח רוטנברג גם שפכים מטופלים מאתר תחנת הכח "גזר" אבל אין מידע כמותי על תכולת הנוטריאנטים), ותמלחת ממפעל אינטל אלקטרוניקה בקרית גת (החל משנת 2019). בנוסף, כנראה שלעיתים מגיעות לאזור הניטור כמויות לא ידועות של נוטריאנטים שמקורם בביוב של רצועת עזה אשר מוזרם לים.

מי הרכז של מתקני ההתפלה של חברת מקורות, אשר מוזרמים אל תוך זרם מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון, מכילים חנקן - כמעט הכל (>95%) ניטראט, זרחן - כ- 80% פוספונט משימוש באנטיסקלנט פוספונטי בתהליך ההתפלה וכ- 20% פוספאט<sup>3</sup>, וחומצה סיליצית. מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון כוללים נוטריאנטים שמקורם במי הגלם (מי הים) ותוספות של חנקן - כמעט הכל חנקן אורגני - וזרחן אורגני (פוספונט) שמקורם באנטיסקלנטים פוספונטים המשמשים בתהליך ההתפלה.<sup>4</sup> ריכוזי הצורונים של חנקן וזרחן במי הרכז ובמי הגלם של מתקן ההתפלה נבדקים באופן שוטף במעבדת חיא"ל, אולם כמפורט בדיווחים למשרד להגנת הסביבה, תוצאות הבדיקות אינן מתאימות לצורך חישובי עומסים.<sup>5</sup> את עומסי החנקן והזרחן "נטו" שמקורם במתקן ההתפלה ניתן לחשב מתוצאות הבדיקות של תכולת תוספי ההתפלה. התוספים אינם מכילים חומצה סיליצית. הקולחים התעשייתיים מתחנת הכח רוטנברג מכילים חנקן, כ- 50% - 80% ניטראט והיתרה חנקן אורגני ואמוניום. התמלחת של מפעל אינטל אלקטרוניקה מכילה חנקן - כ- 65% חנקן קלדאל והיתרה ניטראט, וזרחן - בחלקו פוספונט משימוש באנטיסקלנט פוספונטי ובחלקו פוספאט.<sup>6</sup>

<sup>2</sup> ראו הערת שוליים 10 בעניין בדיקות TN ו- TP.

<sup>3</sup> מידע שנמסר ע"י מקורות.

<sup>4</sup> תכולת צורוני החנקן והזרחן בתוספי תהליך ההתפלה נבדקת כל שנה/שנתיים בהתאם להוראות היתר ההזרמה לים והתוצאות מוגשות למשרד להגנת הסביבה. תרומות החנקן והזרחן מתוספי ההתפלה שאינם אנטיסקלנטים זניחות - פחות מ- 1% ו- 0.1% מסה"כ החנקן והזרחן, בהתאמה.

<sup>5</sup> דוגמאות: (1) בד"כ עומסי החנקן שמקורות התפלה המחושבים מתוצאות הבדיקות (העומס במי הרכז פחות העומס במי הגלם) שונים מאד (הבדלים של עד מאות אחוזים) מהעומסים המחושבים מתוצאות הבדיקות של תכולת תוספי ההתפלה; (2) עפ"י תוצאות הבדיקות, בד"כ ריכוזי אמוניום במי הרכז נמוכים מהריכוזים במי הגלם; לא ברור האם מדובר בחמצון של האמוניום בתהליך הטיפול במים או בבעיה בתהליך הבדיקה.

<sup>6</sup> מידע שנמסר ע"י אינטל אלקטרוניקה.

בכמה נקודות לאורך חוף רצועת עזה מוזרמים לים ביוב גולמי וביוב מטופל חלקית בכמות של כ- 30 מלמ"ק שנה לפי הערכה בשנת 2017 (שכנראה גדלה מאז).<sup>7</sup> הזרמת הביוב גורמת לפריחות מקומיות של אצות מול רצועת עזה. בניטור באמצעות תצלומי לוויין נראית פלומת כלורופיל מול רצועת עזה שלעיתים מתפשטת לאזור הניטור. כמפורט בדוחות השנתיים של ניטור רוטנברג, ממצאי הניטור מצביעים על כך שכנראה גם נוטריאנטים שמקורם בביוב עזה מגיעים לעיתים לאזור הניטור, אולם אין אפשרות להעריך את הכמויות.

העומסים הידועים של חנקן כללי, זרחן כללי וחומצה סיליצית שהוזרמו לים בשנים 2008 – 2021 מוצגים בטבלה 1, כאשר לגבי מתקן התפלה אשקלון ההתייחסות היא רק לעומסים "נטו" (מתוספי ההתפלה) ולא לנוטריאנטים שמקורם במי הגלם ומוחזרים לים. חנקן הוזרם ברובו ע"י מתקני ההתפלה של מקורות (> 90% מכלל הזרמות החנקן מאז שנת 2011, 95% בשנת 2021), כאמור כמעט הכל כניטראט;<sup>8</sup> במהלך תקופת הניטור עומס החנקן ממתקנים אלה גדל כמעט פי 10. חומצה סיליצית הוזרמה רק ע"י מתקני ההתפלה של מקורות; במהלך תקופת הניטור עומס החומצה הסיליצית ממתקנים אלה גדל פי 9 בקירוב. זרחן הוזרם ברובו (> 70%) ע"י מתקן התפלה אשקלון, כאמור הכל כפוספונט. במהלך תקופת הניטור לא חלו שינויים משמעותיים (> 20%) בעומס הזרחן ממתקן התפלה אשקלון (למעט העומס הקטן יחסית בשנת 2014 שבה הופחת הייצור של מים מותפלים). עקב העמידות היחסית של פוספונט (קצב פירוק איטי יחסית לקצב המיהול בסביבה), ההזרמה לים איננה תורמת כמויות משמעותיות של פוספאט לאזור הניטור.

הריכוזים של ניטראט וחומצה סיליצית במי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות ושל ניטראט במי הרכז של מתקן התפלה אשקלון בתקופת הניטור מוצגים בטבלה 2. הריכוזים השנתיים הממוצעים של ניטראט וחומצה סיליצית בשבע השנים האחרונות (2015 – 2021), 57.1 ו- 67.2 מג"ל, בהתאמה, היו גבוהים בכ- 22% ו- 10%, בהתאמה, מהריכוזים השנתיים הממוצעים בשבע השנים הקודמות (2008 – 2014), 46.7 ו- 61.0 מג"ל, בהתאמה. בכל תקופת הניטור ריכוזי הניטראט במי הרכז של מתקנים אלה היו גבוהים בשלושה סדרי גודל מהריכוזים במי הרכז של מתקן התפלה אשקלון.

<sup>7</sup> Silverman et al (2017). Untreated sewage discharge from the Gaza Strip as a possible cause of seawater quality deterioration at southern Israel and the Ashqelon VID desalination plant inlet. IOLR Report H35/2017.

<sup>8</sup> בכמה מקרים בדיווחי העומסים של מקורות, עומס הניטראט גדול מעומס החנקן הכללי. הסיבה לכך היא שתדירות הדיגום של ניטראט הינה שבועית ותדירות הדיגום של כל מרכיבי החנקן הכללי הינה חודשית ולכן יכולה להיות אי התאמה בחישוב של ממוצעים שנתיים שמהם מחושבים עומסים.

**טבלה 1: העומסים הידועים (טון/שנה) של חנקן (כ-N), זרחן (כ-P) וחומצה סיליצית (כ-Si) שהוזרמו לאזור הניטור ממתקני ההתפלה של מקורות, ממתקן התפלה אשקלון (עומסים נטו), מתחנת הכח רוטנברג וממפעל אינטל אלקטרוניקה בתקופת הניטור.**

| שנה  | מתקני התפלה מקורות (1) |          |            | מתקן התפלה אשקלון (עומס נטו) (2) |          | ת"כ רוטנברג (7) |       | אינטל אלקטרוניקה (9) |           |
|------|------------------------|----------|------------|----------------------------------|----------|-----------------|-------|----------------------|-----------|
|      | חנקן (3)               | זרחן (4) | ח. סיליצית | חנקן (5)                         | זרחן (6) | חנקן (8)        | זרחן  | חנקן (10)            | זרחן (11) |
| 2008 | 41.1                   | 0.74     | 49.29      | 6.2                              | 32.3     |                 |       |                      |           |
| 2009 | 47.44                  | 1.04     | 61.08      | 6.3                              | 33.0     |                 |       |                      |           |
| 2010 | 37.66                  | 0.85     | 45.92      | 6.4                              | 33.9     |                 |       |                      |           |
| 2011 | 132.30                 | 4.71     | 175.74     | 6.6                              | 34.8     |                 |       |                      |           |
| 2012 | 170.12                 | 4.77     | 211.75     | 7.2                              | 37.6     |                 |       |                      |           |
| 2013 | 154.57                 | 4.57     | 206.26     | 5.6                              | 38.9     |                 |       |                      |           |
| 2014 | 168.64                 | 2.95     | 220.15     | 4.4                              | 24.8     | 8.6             | 0     |                      |           |
| 2015 | 215.39                 | 2.96     | 277.78     | 6.5                              | 37.2     | 10.0            | 0     |                      |           |
| 2016 | 321.03                 | 5.30     | 418.78     | 5.5                              | 34.5     | 5.8             | 0     |                      |           |
| 2017 | 343.22                 | 4.79     | 387.19     | 6.2                              | 37.7     | 5.7             | 0     |                      |           |
| 2018 | 402.36                 | 8.45     | 449.50     | 5.0                              | 36.6     | 5.3             | 0     |                      |           |
| 2019 | 359.72                 | 7.80     | 399.45     | 5.3                              | 39.0     | 5.6             | 0.004 | 7.1                  | 1.5       |
| 2020 | 374.30                 | 8.20     | 435.50     | 5.3                              | 36.8     | 14.0            | 3.5   | 10.0                 | 1.9       |
| 2021 | 388.97                 | 7.90     | 439.31     | 4.9                              | 30.9     | 7.9             | 0     | 9.3                  | 1.7       |

הערות לטבלה 1: (1) הנתונים נמסרו ע"י מקורות; (2) תרומת תוספי ההתפלה (למעשה האנטיסקלנטים) – הנתונים לשנים 2012 – 2021 מתוצאות הבדיקות של תוספי ההתפלה, הנתונים לשנים 2008 – 2011 הם הערכות על סמך הנתונים לשנת 2012 והיחס בין היקף ייצור המים המותפלים בכל שנה להיקף הייצור בשנת 2012; הנתונים נמסרו ע"י מתקן התפלה אשקלון; (3) כמעט הכל ניטראט; (4) כ- 80% פוספונט, כ- 20% פוספאט; (5) כמעט הכל חנקן קלדאל (חנקן אורגני+אמוניום); (6) פוספונט; (7) בדיקות נוטריאנטים החלו בשנת 2014 עפ"י דרישה בהיתר ההזרמה לים של תחנת הכח רוטנברג; הנתונים נמסרו ע"י חברת החשמל; (8) 50%-80% ניטראט; (9) הנתונים נמסרו ע"י אינטל אלקטרוניקה, הזרמה משמעותית החלה בשנת 2019; (10) כ- 65% חנקן קלדאל; (11) פוספונט ופוספאט.

**טבלה 2: ריכוזי ניטראט וחומצה סיליצית (ממוצעים שנתיים) במי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות וריכוזי ניטראט (ממוצעים שנתיים) במי הרכז של מתקן התפלה אשקלון בתקופת הניטור.<sup>9</sup>**

| שנה  | מי רכוז מתקני התפלה מים מליחים מקידוחים מקורות |                            | מי רכוז מתקן התפלה אשקלון |
|------|------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
|      | ריכוז ניטראט כ-N מג"ל                          | ריכוז ח. סיליצית כ-Si מג"ל |                           |
| 2008 | 47.1±2.7                                       | 62.9±6.2                   | ריכוז ניטראט כ-N מג"ל     |
| 2009 | 46.8±2.3                                       | 61.8±5.3                   | 0.030                     |
| 2010 | 45.7±5.1                                       | 56.0±9.0                   | 0.031                     |
| 2011 | 48.2±3.5                                       | 64.4±6.0                   | 0.033                     |
| 2012 | 46.5±5.6                                       | 61.3±3.0                   | 0.032                     |
| 2013 | 44.6±3.1                                       | 58.9±4.4                   | 0.045                     |
| 2014 | 48.1±7.3                                       | 62.0±4.6                   | 0.048                     |
| 2015 | 52.4±4.8                                       | 67.0±6.1                   | 0.048                     |
| 2016 | 52.6±3.7                                       | 68.4±6.5                   | 0.050                     |
| 2017 | 55.6±2.3                                       | 62.9±9.5                   | 0.044                     |
| 2018 | 58.8±2.7                                       | 66.9±3.2                   | 0.040                     |
| 2019 | 59.6±1.9                                       | 67.0±2.6                   | 0.053                     |
| 2020 | 60.1±1.8                                       | 70.3±3.2                   | 0.076                     |
| 2021 | 60.6±4.4                                       | 68.0±3.6                   | 0.050                     |

<sup>9</sup> ניטראט בטבלה = ניטראט+ניטריט. בחישוב הריכוזים השנתיים הממוצעים של ניטראט במי הרכז של מתקן התפלה אשקלון, נתונים נמוכים מגבול הגילוי של הבדיקה נלקחו כשווים לאפס. עקב גבול הגילוי הנמוך, אין לאופן החישוב השפעה על סדר הגודל של הריכוזים הממוצעים.

### 3. ריכוזי נוטריאנטים באזור הניטור ובחינת מגמות בתקופת הניטור

בדיקות הנוטריאנטים במסגרת ניטור רוטנברג בוצעו בדגימות מי ים לא מסוננות וכללו: ניטראט+ניטריט (להלן – "ניטראט"), אמוניום, חנקן כללי (TN), פוספאט, זרחן כללי (TP) וחומצה סיליצית. בתקופת הניטור חלו שינויים בחלק משיטות הבדיקה ובגבולות הגילוי של חלק מהבדיקות. השינויים המשמעותיים היו בבדיקות TN ו-TP. להערכת חיא"ל, המהימנות של נתוני TN מלפני שנת 2012 ושל נתוני TP מלפני שנת 2010 איננה ברורה וחלק מהנתונים כנראה שגויים.<sup>10</sup>

טווחי הריכוזים של כל המדידות של ניטראט, אמוניום, חנקן כללי, פוספט וחומצה סיליצית באזור הניטור בתקופת הניטור מוצגים בטבלאות 3 – 7. בטבלאות מוצגים גם ערכי ייחוס לריכוזי הנוטריאנטים לאורך החוף הרדוד של ישראל (עד עומק מים של 15 מ') באזור שמדרום לתל אביב ועד אשקלון, אשר הוצעו ע"י חיא"ל בדוח שהוגש למשרד להגנת הסביבה ביולי 2017.<sup>11</sup> ערכי הייחוס המוצעים אמורים לייצג את הרקע הטבעי לאזור, במגבלות של היקף המידע שהיה קיים בעת קביעתם. ערכי הייחוס נקבעו כערך החציון של כל המדידות שבוצעו באזור בשנים 2010 – 2014 במסגרות שונות, להוציא בנקודות המושפעות מהזרמות אנתרופוגניות (נתוני ניטור רוטנברג לא נלקחו בחשבון עקב ההזרמות של נוטריאנטים לאזור הניטור). בהשוואה של נתונים רב-שנתיים של ניטור רוטנברג לערכי הייחוס העונתיים יש לקחת בחשבון גם הבדלים בהגדרות של עונות השנה. לצורך חישוב ערכי הייחוס, עונות השנה הוגדרו ע"י חיא"ל עפ"י הטמפרטורה של מי הים כלהלן: חורף (ינואר-מרץ); אביב (אפריל-יוני); קיץ (יולי-אוקטובר); סתיו (נובמבר-דצמבר). הגדרות אלה שונות בחלקן מההגדרות האסטרונומיות של העונות (עפ"י אורך היום) אשר שימשו לקביעת מועדי ניטור רוטנברג. במרבית השנים בתקופת הניטור, ניטור הסתיו התבצע באוקטובר ובספטמבר, שני חודשים אשר לצורך קביעת ערכי הייחוס של נוטריאנטים הוגדרו ע"י חיא"ל כעונת הקיץ. רק בשנים 2008, 2014, 2019 ו-2021 ניטור הסתיו התבצע בנובמבר.<sup>12</sup>

בניתוח נתוני הניטור בדוח זה, ריכוזים מדודים של הפרמטרים הנ"ל, או ערכי החציון שלהם באזור הניטור, בתחום של עד 50% סטייה מערכי הייחוס המוצעים (להלן – קריטריון ההתאמה לערכי הייחוס), נחשבים כהתאמה טובה לערכי הייחוס.

<sup>10</sup> בגלל השינויים בשיטות הבדיקה, בדוח חיא"ל H50/2017 שקבע ערכי ייחוס של נוטריאנטים במימי החופים של ישראל, נלקחו בחשבון נתוני TP ו- TN רק החל מהשנים 2010 ו- 2012 התאמה. בשנת 2014 שיטת הבדיקה של TP שופרה אבל ההבדל יחסית לתוצאות בשנים 2010 – 2013 הוא רק כ- 10%.

<sup>11</sup> קרס וחובריה (2017). גיבוש ערכי סף (אמות מידה) לרמות נוטריאנטים וכלורופיל a לשמירה על איכות מי הים התיכון של ישראל: גישה המשלבת ניתוח סטטיסטי, ניסויי bioassay ומודלים. דוח חיא"ל H50/2017.

<sup>12</sup> לכן בעמודות ניטור הסתיו בטבלאות 3 – 7 רשומים ערך הייחוס של עונת הקיץ ובסוגריים ערך הייחוס של עונת הסתיו.

טבלה 3: טווח ריכוזי ניטראט בניטור רוטנברג בשנים 2008 – 2021 וערכי הייחוס של ניטראט שהוצעו ע"י חיא"ל. בעמודת ניטור הסתיו רשומים ערך הייחוס של עונת הקיץ ובסוגריים ערך הייחוס של עונת הסתיו.

| טווח ריכוזי ניטראט בים $\mu\text{M}$ |              |               |               | שנה               |
|--------------------------------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|
| סתיו                                 | קיץ          | אביב          | חורף          |                   |
| <0.08 – 2.92                         | 0.15 – 1.65  | <0.08 – 2.67  | <0.08 – 28.57 | 2008              |
| 0.15 – 3.29                          | 0.21 – 4.31  | <0.08 – 1.78  | 0.11 – 3.21   | 2009              |
| 0.15 – 1.46                          | 0.21 – 3.35  | 0.15 – 2.65   | 0.75 – 3.16   | 2010              |
| 0.45 – 6.23                          | 0.47 – 7.30  | 0.34 – 1.36   | 0.25 – 7.31   | 2011              |
| <0.08 – 9.06                         | 0.10 – 4.84  | <0.08 – 4.87  | 0.71 – 4.89   | 2012              |
| 0.13 – 3.04                          |              | 0.32 – 3.58   | 0.27 – 2.93   | 2013              |
| 0.22 – 3.19                          | 0.70 – 11.55 | 0.66 – 13.73  | 0.27 – 7.25   | 2014              |
| 0.22 – 3.19                          | 0.70 – 11.55 | 0.66 – 13.73  | 0.27 – 7.25   | 2015              |
| <0.08 – 12.20                        | <0.08 – 6.44 | 0.16 – 8.94   | 1.27 – 8.48   | 2016              |
| 0.11 – 28.7                          | 0.41 – 3.63  | 0.15 – 15.60  | <0.08 – 28.57 | 2017              |
| 0.27 – 11.8                          | 0.11 – 24.30 | 0.23 – 9.80   | 0.28 – 8.75   | 2018              |
| <0.08 – 27.17                        | 0.12 – 7.70  | <0.08 – 16.83 | 0.08 – 7.31   | 2019              |
| 0.6 – 11.0                           | 0.09 – 9.7   | 0.12 – 10.16  |               | 2020              |
| 0.15 – 12.0                          | 0.15 – 18    | 0.31 – 11     | 0.19 – 14     | 2021              |
| (0.74) 0.31                          | 0.31         | 0.30          | 1.22          | ערכי ייחוס מוצעים |
| (1.11) 0.47                          | 0.47         | 0.45          | 1.83          | ערכי ייחוס + 50%  |

טבלה 4: טווח ריכוזי אמוניום בניטור רוטנברג בשנים 2008 – 2021 וערכי הייחוס של אמוניום שהוצעו ע"י חיא"ל. בעמודת ניטור הסתיו רשומים ערך הייחוס של עונת הקיץ ובסוגריים ערך הייחוס של עונת הסתיו.

| טווח ריכוזי אמוניום בים $\mu\text{M}$ |              |              |              | שנה               |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| סתיו                                  | קיץ          | אביב         | חורף         |                   |
| <0.1 – 5.66                           | <0.1 – 1.65  | <0.1 – 0.78  | 0.14 – 1.98  | 2008              |
| 0.3 – 0.97                            |              | <0.1 – 0.96  | <0.1 – 1.95  | 2009              |
| <0.05 – 0.73                          |              | <0.1 – 1.01  | <0.1 – 3.87  | 2010              |
| <0.05 – 1.3                           |              | 0.31 – 1.48  |              | 2011              |
| 0.55 – 11.17                          | 0.26 – 2.85  | 0.33 – 1.42  |              | 2012              |
| 0.19 – 2.66                           |              | 0.24 – 2.4   | 0.89 – 8.18  | 2013              |
| 0.42 – 3.08                           |              | 0.30 – 5.1   |              | 2014              |
| <0.06 – 2.31                          | 1.29 – 2.80  | 0.82 – 4.84  | 0.90 – 4.37  | 2015              |
| <0.06 – 0.37                          | 0.19 – 0.94  | 0.19 – 1.31  | <0.06 – 0.99 | 2016              |
| <0.06 – 1.61                          | 0.16 – 1.37  | 0.14 – 1.09  | 0.09 – 1.98  | 2017              |
| 0.22 – 0.81                           | <0.06 – 0.95 | 0.12 – 0.74  | 0.05 – 7.86  | 2018              |
| 0.12 – 0.45                           | 0.20 – 1.10  | <0.09 – 0.71 | <0.06 – 1.15 | 2019              |
| 0.41 – 5.6                            | 0.11 – 2.1   | 0.10 – 0.66  |              | 2020              |
| 0.38 – 1.7                            | <0.06 – 1.1  | 0.07 – 1.5   | 0.11 – 0.80  | 2021              |
| (0.86) 0.28                           | 0.28         | 0.26         | 0.61         | ערכי ייחוס מוצעים |
| (1.29) 0.42                           | 0.42         | 0.39         | 0.92         | ערכי ייחוס + 50%  |

טבלה 5: טווח ריכוזי חנקן כללי בניטור רוטנברג בשנים 2008 – 2021 וערכי הייחוס של חנקן כללי שהוצעו ע"י חיא"ל. בעמודת ניטור הסתיו רשומים ערך הייחוס של עונת הקיץ ובסוגריים ערך הייחוס של עונת הסתיו.

| שנה               | טווח ריכוזי חנקן כללי בים $\mu\text{M}$ |              |              |               |
|-------------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|
|                   | חורף                                    | אביב         | קיץ          | סתיו          |
| 2008              |                                         |              |              |               |
| 2009              |                                         |              | 6.41 – 15.02 | 2.36 – 7.99   |
| 2010              | 3.80 – 9.98                             | 3.10 – 9.02  | 5.60 – 9.70  | 3.68 – 7.13   |
| 2011              | 4.99 – 33.60                            | 6.12 – 11.42 | 7.7 – 18.4   | 1.27 – 10.10  |
| 2012              | 3.47 – 20.05                            | 3.90 – 15.00 | 2.63 – 21.42 | 4.18 – 11.02  |
| 2013              | 7.85 – 14.80                            | 6.21 – 20.72 |              | 6.66 – 12.42  |
| 2014              | 5.74 – 20.37                            | 8.58 – 37.05 |              | 7.53 – 20.60  |
| 2015              | 5.27 – 18.40                            | 9.83 – 35.85 | 6.29 – 23.79 |               |
| 2016              | 6.63 – 22.95                            | 6.87 – 18.63 | 8.86 – 18.18 | 5.95 – 16.50  |
| 2017              | 5.30 – 33.50                            | 3.30 – 21.70 | 8.10 – 16.40 | 9.40 – 37.40  |
| 2018              | 6.64 – 18.44                            | 6.44 – 11.81 | 11.2 – 32.0  | 7.64 – 28.5   |
| 2019              | 5.53 – 13.74                            | 6.29 – 23.40 | 6.3 – 17.1   | 6.45 – 32.6   |
| 2020              |                                         | 5.89 – 15.88 | 11 – 27      | 7.20 – 20.0   |
| 2021              | 8.22 – 19.8                             | 9.5 – 24     | 8.9 – 31     | 6.30 – 22.0   |
| ערכי ייחוס מוצעים | 5.74                                    | 6.38         | 7.94         | (6.85) 7.94   |
| ערכי ייחוס + 50%  | 8.61                                    | 9.57         | 11.91        | (10.28) 11.91 |

טבלה 6: טווח ריכוזי חומצה סיליצית בניטור רוטנברג בשנים 2008 – 2021 וערכי הייחוס של חומצה סיליצית שהוצעו ע"י חיא"ל. בעמודת ניטור הסתיו רשומים ערך הייחוס של עונת הקיץ ובסוגריים ערך הייחוס של עונת הסתיו.

| שנה               | טווח ריכוזי חומצה סיליצית בים $\mu\text{M}$ |              |              |              |
|-------------------|---------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                   | חורף                                        | אביב         | קיץ          | סתיו         |
| 2008              |                                             | 2.35 – 3.80  | 2.7 – 4.36   | 2.57 – 4.49  |
| 2009              | 1.08 – 3.61                                 | 0.93 – 2.75  | 6.56 – 7.77  | 1.61 – 3.10  |
| 2010              | 1.89 – 7.33                                 | 0.06 – 2.72  | 0.26 – 2.96  | 1.14 – 1.76  |
| 2011              | 2.02 – 6.36                                 | 3.36 – 10.50 | 6.65 – 10.27 | 1.62 – 5.66  |
| 2012              | 1.21 – 4.73                                 | 1.37 – 6.50  | 0.59 – 3.53  | 1.21 – 7.14  |
| 2013              | 1.43 – 3.95                                 | 0.55 – 15.29 |              | 1.56 – 4.50  |
| 2014              | 0.83 – 12.35                                | 2.23 – 5.56  |              | 1.53 – 9.43  |
| 2015              | 1.12 – 7.09                                 | 2.70 – 10.45 | 1.73 – 7.03  | 2.33 – 6.03  |
| 2016              | 1.12 – 5.52                                 | 0.51 – 5.87  | 1.44 – 5.93  | 3.00 – 9.93  |
| 2017              | 1.58 – 17.00                                | <0.05 – 7.85 | 2.42 – 3.94  | 1.50 – 19.50 |
| 2018              | 1.26 – 6.19                                 | 2.82 – 11.01 | 0.26 – 10.80 | 2.93 – 12.6  |
| 2019              | 0.75 – 5.61                                 | 1.72 – 12.42 | 0.59 – 9.39  | 1.24 – 17.98 |
| 2020              |                                             | 2.72 – 10.32 | 2.4 – 9.1    | 3.1 – 10.0   |
| 2021              | 1.8 – 9.9                                   | 3.8 – 12     | 4.9 – 14     | 1.7 – 11.0   |
| ערכי ייחוס מוצעים | 1.00                                        | 1.33         | 1.56         | (1.20) 1.56  |
| ערכי ייחוס + 50%  | 1.50                                        | 2.0          | 2.34         | (1.8) 2.34   |

**טבלה 7: טווח ריכוזי פוספאט בניטור רוטנברג בשנים 2008 – 2021 וערכי הייחוס של פוספאט שהוצעו ע"י חיא"ל. בעמודת ניטור הסתיו רשומים ערך הייחוס של עונת הקיץ ובסוגריים ערך הייחוס של עונת הסתיו.**

| שנה               | טווח ריכוזי פוספאט בים $\mu\text{M}$ |               |                |                |
|-------------------|--------------------------------------|---------------|----------------|----------------|
|                   | חורף                                 | אביב          | קיץ            | סתיו           |
| 2008              |                                      | 0.025 – 0.121 | <0.008 – 0.231 | 0.085 – 0.176  |
| 2009              | <0.008 – 0.269                       | 0.011 – 0.532 | 0.078 – 0.209  | 0.066 – 0.215  |
| 2010              | 0.049 – 0.144                        | 0.043 – 0.247 | 0.1 – 0.15     | 0.039 – 0.365  |
| 2011              | 0.074 – 0.248                        | 0.111 – 0.369 | 0.118 – 0.361  | 0.029 – 0.150  |
| 2012              | 0.094 – 0.358                        | 0.022 – 0.184 | 0.065 – 0.200  | 0.035 – 0.483  |
| 2013              | 0.124 – 0.498                        | 0.136 – 0.368 |                | <0.008 – 0.152 |
| 2014              | 0.012 – 0.107                        | 0.082 – 0.331 |                | 0.070 – 0.187  |
| 2015              | 0.030 – 0.253                        | 0.058 – 0.322 | 0.043 – 0.332  | <0.008 – 0.182 |
| 2016              | 0.065 – 0.506                        | 0.047 – 0.251 | 0.101 – 0.296  | 0.035 – 0.209  |
| 2017              | 0.04 – 0.135                         | 0.02 – 0.11   | <0.008 – 0.079 | 0.030 – 0.190  |
| 2018              | 0.01 – 0.08                          | 0.08 – 0.17   | 0.035 – 0.116  | 0.080 – 0.280  |
| 2019              | 0.02 – 0.19                          | 0.028 – 0.220 | 0.031 – 0.279  | <0.009 – 0.222 |
| 2020              |                                      | 0.057 – 0.325 | 0.08 – 0.23    | 0.02 – 0.170   |
| 2021              | 0.036 – 0.15                         | 0.062 – 0.188 | 0.08 – 0.18    | 0.029 – 0.460  |
| ערכי ייחוס מוצעים | 0.162                                | 0.110         | 0.059          | (0.106) 0.059  |
| ערכי ייחוס + 50%  | 0.243                                | 0.165         | 0.089          | (0.159) 0.089  |

מהנתונים בטבלאות 3 – 7 ברור שבכל מועדי הניטור בתקופת הניטור, מאז תחילתה, נמדדו בחלק מנקודות הניטור ריכוזי נוטריאנטים גבוהים מערכי הייחוס שהוצעו ע"י חיא"ל, ואף מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס, אולם מודגש שגם ריכוזים אלה נמוכים יחסית לריכוזים אשר נחשבים כעלולים לגרום לתהליכי אוטרופיקציה בסביבה הימית, בוודאי בתנאי ים פתוח כמו באזור הניטור.

ניתוח מגמות עיתיות של ריכוזי הנוטריאנטים באזור הניטור איננו פשוט בגלל המכלול המורכב של גורמים אשר קובע את התפוצה המרחבית של הנוטריאנטים בכל מועד ניטור: הרקע הטבעי והתרומות האנתרופוגניות של נוטריאנטים (ובכלל זה השפעות אפשריות של הזרמה לים של ביוב מרצועת עזה), היקף הפעילות של מתקן התפלה אשקלון (ספיקת מי הרכז) ושל תחנת הכח רוטנברג (מספר יחידות הייצור הפועלות, ספיקת מי הקירור של כל יחידה ותפוקת החשמל של כל יחידה) אשר משפיעים על מיהול ופיזור הנוטריאנטים, התנאים הסביבתיים (בעיקר עוצמת וכיוון הרוח) אשר משפיעים על מיהול ופיזור הנוטריאנטים, ותהליכים ביולוגים באזור הניטור. לכן, ניתוח נתוני הנוטריאנטים שלהלן כולל בחינה של שלושה סוגים של מדדים:

- היחסים בין ריכוזי הנוטריאנטים לבין המליחות של מי הים, אשר מהווה סמן לנוכחות של מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון, שכוללים את מי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות (טבלה 8).
- שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של הנוטריאנטים שנמדדו בכל מועד ניטור במהלך תקופת הניטור, והמיקומים של ריכוזים אלה ביחס למוצא המשותף של מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון ומי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות (טבלאות 9 – 13);
- ריכוזי החציון של הנוטריאנטים בכל אזור הניטור, באביב ובסתיו של כל שנת ניטור (טבלה 14, איור 2).

בנוסף, נבחנו ריכוזי החציון של כלורופיל באזור הניטור במטרה לבדוק האם קיים קשר בין השונות העיתית של ריכוזי הנוטריאנטים לשונות העיתית של ריכוזי הכלורופיל בתקופת הניטור (טבלה 14, איור 3).

היחסים בין ריכוזי הניטראט, חומצה סיליצית, אמוניום, פוספאט וזרחן אורגני (TOP) באזור הניטור למליחות של מי הים בתקופת הניטור נבחנו בדוחות השנתיים של ניטור רוטנברג. סיכום הממצאים מוצג בטבלה 8.

מתאם לינארי חיובי ( $R^2 > 0.4$ ) נמצא ב- 82% מסדרות הבדיקות העונתיות של ניטראט, ב- 72% מסדרות הבדיקות של חומצה סיליצית וב- 82% מסדרות הבדיקות של זרחן אורגני.<sup>13</sup> לעומת זאת, במרבית סדרות הבדיקות של אמוניום ופוספאט (82% ו- 72% בהתאמה) לא נמצא מתאם עם המליחות של מי הים.

כמפורט בדוחות הניטור השנתיים, המתאם בין ריכוזי הניטראט והחומצה הסיליצית למליחות של מי הים במרבית מועדי הניטור, ונתוני ההזרמה של ניטראט וחומצה סיליצית (טבלאות 1, 2), מצביעים על כך שמי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות הם המקור לריכוזים הגבוהים של ניטראט וחומצה סיליצית שנמדדו באזור הניטור.<sup>14</sup> המתאם בין ריכוזי הזרחן האורגני למליחות של מי הים במרבית מועדי הניטור מצביע על כך שבחלקם ריכוזי הזרחן האורגני נובעים מההזרמה של פוספונט ממתקן התפלה אשקלון.

לגבי כל הנוטריאנטים, לא נראות בטבלה 8 מגמות עיתיות מבחינת הקשר עם המליחות של מי הים. כללית, השכיחות הגבוהה של המתאם בין ריכוזי הניטראט, החומצה הסיליצית והזרחן האורגני למליחות והשכיחות הנמוכה של מתאם בין ריכוזי האמוניום והפוספאט למליחות התקיימו בכל תקופת הניטור.

**טבלה 8: קיום (ירוק) /אי קיום (אדום) מתאם לינארי ( $R^2 > 0.4$ ) בין ריכוזי נוטריאנטים למליחות של מי הים באזור הניטור בשנים 2008 - 2020. ח=חורף, א=אביב, ק=קיץ, ס=סתיו. (משבצות ריקות = אין נתונים או שמהימנות הנתונים לא ברורה).**

| שנה  | ניטראט |   |   |   | חומצה סיליצית |   |   |   | אמוניום |   |   |   | פוספאט |   |   |   | TOP |   |   |   |
|------|--------|---|---|---|---------------|---|---|---|---------|---|---|---|--------|---|---|---|-----|---|---|---|
|      | ח      | א | ק | ס | ח             | א | ק | ס | ח       | א | ק | ס | ח      | א | ק | ס | ח   | א | ק | ס |
| 2008 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2009 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2010 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2011 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2012 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2013 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2014 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2015 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2016 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2017 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2018 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2019 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2020 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| 2021 |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |
| מתאם |        |   |   |   |               |   |   |   |         |   |   |   |        |   |   |   |     |   |   |   |

\* מתקן התפלה אשקלון לא פעל בשעות הניטור לכן הניטור לא כלול בבדיקות המתאם עם מליחות (נמצא מתאם בין ריכוזי הנוטריאנטים לטמפרטורה של מי הים מאחר שההזרמה של מקורות התקיימה גם כאשר מתקן התפלה אשקלון לא פעל).

<sup>13</sup> הזרחן האורגני מחושב מההפרש בין בדיקות זרחן כללי וזרחן אי-אורגני. בטבלה מוצגות רק השנים החל מ- 2010 כי מהימנות תוצאות בדיקות זרחן כללי בשנים הקודמות איננה ברורה.

<sup>14</sup> בדוחות השנתיים של ניטור רוטנברג מוצגים חישובים של ריכוזי הנוטריאנטים ממתקני ההתפלה של מקורות לאחר המיהול עם מי הרכז של מתקן התפלה אשקלון.

מניתוח הנתונים של שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של ניטראט וחומצה סיליצית שנמדדו בכל מועדי הניטור בתקופת הניטור (טבלאות 9 – 13) עולה שמרביתם נמדדו במרחק של עד 500 מטר ממוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה (106 מתוך 156 מדידות של ניטראט ו- 96 מתוך 156 מדידות של חומצה סיליצית, 68% ו- 62% בהתאמה). הסיבה לכך היא שעל אף שדרגת המיהול וכיוון ההתפשטות של הפלומה של מי הרכז של מתקני ההתפלה אשר מועשרת בנוטריאנטים יכולים להיות שונים במועדי ניטור שונים, עקב שילוב של הגורמים שהוזכרו לעיל, במרבית המקרים מי הרכז עדיין נוכחים בריכוז גבוה יחסית בטווח של 500 מטר מהמוצא (שטח של כ- 0.4 ק"מ<sup>2</sup>). לעומת זאת, רק 57% מהמדידות של שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של אמוניום ו- 56% מהמדידות של שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של פוספאט נמדדו בתחום ה- 500 מטר מהמוצא (78 מתוך 138 מדידות של אמוניום ו- 88 מתוך 156 מדידות של פוספאט). ייתכן שהסיבות לכך הן מצד אחד ההעשרה הנמוכה יחסית של מי הרכז באמוניום ופוספאט, ומצד שני השפעה לעיתים של ביוב עזה על החלק הדרומי ואולי גם על החלק המערבי של אזור הניטור, במרחקים של יותר מ- 500 מטר ממוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה.<sup>15</sup>

על סמך שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של ניטראט וחומצה סיליצית שנמדדו בכל מועד ניטור, לא ניתן להצביע על מגמה רב-שנתית עקבית של שינוי בריכוזים של נוטריאנטים אלה באף אחת מעונות השנה. עם זאת, באופן כללי, בשנים 2011 – 2021, שבהן העומסים של נוטריאנטים אלה ממי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות גדלו בשיעור ניכר, נמדדו בתחום של 500 מטר ממוצא מי הרכז ריכוזים גבוהים יותר מאשר בשנים הקודמות: רק בשנים 2011 – 2021 נמדדו ריכוזי ניטראט גבוהים מ-  $5 \mu\text{M}$ ; ריכוזים גבוהים במיוחד של ניטראט ( $> 10 \mu\text{M}$ ) נמדדו בתחום של 500 מטר מהמוצא בכמה מקרים בשבע השנים האחרונות (2015 – 2021) שבהן הייתה עליית מדרגה נוספת בעומס הניטראט ממתקני ההתפלה של מקורות; לגבי חומצה סיליצית - רק בשנים 2011 – 2021 נמדדו באזור הניטור, בעיקר בתחום של 500 מטר ממוצא מי הרכז, ריכוזים גבוהים מ-  $10 \mu\text{M}$ . נתוני האמוניום, הפוספאט והחנקן הכללי בתקופת הניטור לא מצביעים על שינויים עקביים באף אחת מעונות השנה.

ערכי החציון של ריכוזי הנוטריאנטים בכל אזור הניטור (טבלה 14, איור 2) מייצגים שטח של כ-1.9 ק"מ<sup>2</sup> אשר משתרע עד למרחק של כ-2.5 ק"מ מדרום ו- כ-0.5 ק"מ מצפון למוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה, כ-1.1 ק"מ מערבית לחוף בחלקו הצפוני וכ-0.3 ק"מ מהחוף בחלקו הדרומי (איור 1). מניתוח של ערכי החציון באביב ובסתיו בשטח זה בתקופת הניטור עולה:

**ניטראט באביב:** ערכי החציון תאמו לערך הייחוס שהוצעו ע"י חיא"ל בשנים 2008 – 2010 והיו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס בשנים 2011 – 2021. השינויים של עליות וירידות בערכי החציון בשנים 2011 – 2020 אינם תואמים למגמת העלייה בעומס הניטראט ממתקני ההתפלה של מקורות מאז 2010.

**ניטראט בסתיו:** ערכי החציון תאמו לערכי הייחוס (של הקיץ והסתיו לפי הענין) בשנים 2008 – 2010, 2016 ו- 2017 והיו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס בשנים 2011 – 2015 ו- 2018 – 2021. השינויים בערכי החציון, שאינם עקביים, אינם תואמים למגמת העלייה בעומס הניטראט ממתקני ההתפלה של מקורות מאז 2010.

**חומצה סיליצית באביב:** ערכי החציון תאמו לערך הייחוס בשנים 2009, 2010, 2012, 2016 ו- 2017 והיו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערך הייחוס בשנים 2008, 2011, 2013 – 2015 ו- 2018 – 2021. השינויים של עליות וירידות בערכי החציון בשנים 2011 – 2021 אינם תואמים למגמת העלייה בעומס החומצה הסיליצית ממתקני ההתפלה של מקורות מאז 2010.

**חומצה סיליצית בסתיו:** ערכי החציון תאמו לערכי הייחוס בשנים 2009, 2010 ו- 2013 והיו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס בשנים האחרות בתקופת הניטור. השינויים של עליות וירידות בערכי החציון בשנים 2011 – 2021 אינם תואמים למגמת העלייה בעומס החומצה הסיליצית ממתקני ההתפלה של מקורות מאז 2010.

<sup>15</sup> דוגמאות להשפעה אפשרית של ביוב עזה הם ריכוזים גבוהים יחסית של אמוניום ופוספאט שנמדדו בכמה מקרים בנקודות RUT 10 ו- RUT 14 במרחק של כ-2.5 ק"מ מדרום למוצא מי הרכז.

חנקן כללי באביב: ערכי החציון תאמו לערך הייחוס בחמש שנים מתוך עשר שנות הניטור (מאז 2012) וגבוהים מקריטריון ההתאמה לערך הייחוס בחמש השנים האחרות. השינויים בערכי החציון בשנים 2012 – 2021 שאינם גדולים אינם תואמים למגמה העלייה בעומס החנקן הכללי מכל המקורות הידועים (כאמור, כמעט הכל ניטראט ממתקני ההתפלה של מקורות).

חנקן כללי בסתיו: ערכי החציון תאמו לערך הייחוס בשבע שנים מתוך תשע שנות הניטור (מאז 2012) וגבוהים מקריטריון ההתאמה בשתי שנים (2014, 2019). השינויים בערכי החציון בשנים 2012 – 2020 אינם תואמים למגמה העלייה בעומס החנקן הכללי מכל המקורות הידועים.

אמוניום ופוספאט באביב ובסתיו: חלו שינויים רב-שנתיים בערכי החציון של שני הנוטריאנטים ללא מגמות אחידות. באביב, ערכי החציון של ריכוזי הפוספאט תאמו לערכי הייחוס בכל בשנים למעט 2013 ו- 2020. בסתיו, ערכי החציון של ריכוזי הפוספאט היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס בשנים 2009, 2012, 2016 ו- 2018. התמונה שונה לגבי אמוניום - ערכי החציון של ריכוזי האמוניום היו גבוהים מקריטריון ההתאמה לערך הייחוס בדיגומי האביב בשנים 2011 – 2017 ו- 2020 ובדיגומי הסתיו בשנים 2009, 2012, 2013, 2020 ו- 2021.

טבלה 9: שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של ניטראט שנמדדו בכל מועד ניטור רוטנברג בשנים 2008 – 2021, נקודות הניטור שבהן נמדדו ריכוזים אלה, והזרמת ניטראט לים ממתקני ההתפלה של מקורות (עומסים וריכוזים במי הרכז כ- N). הריכוז הגבוה ביותר בכל מועד ניטור רשום בפונט מודגש. נקודות ניטור במרחק של עד 500 מטר ממוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה רשומות באדום.<sup>16, 17</sup>

| שנה  | הזרמת מקורות | ריכוזי מקס. | חורף           | אביב  | קיץ  | סתיו  |
|------|--------------|-------------|----------------|-------|------|-------|
| 2008 | עומס. טון    | 37.3        | נקודה          | 2     | 11   | 5     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 47.1±2.7    | ריכוז. $\mu$ M | 2.67  | 1.65 | 1.61  |
| 2009 | עומס. טון    | 46.3        | נקודה          | 2     | 11   | 8n    |
|      | ריכוז. מג"ל  | 47.8±2.7    | ריכוז. $\mu$ M | *1.78 | 1.12 | 0.97  |
| 2010 | עומס. טון    | 37.5        | נקודה          | 2     | 11   | 9     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 47.0±5.4    | ריכוז. $\mu$ M | 2.40  | 2.99 | 3.16  |
| 2011 | עומס. טון    | 131.66      | נקודה          | 2     | 1    | 12    |
|      | ריכוז. מג"ל  | 50.5±2.9    | ריכוז. $\mu$ M | 3.23  | 6.70 | 7.31  |
| 2012 | עומס. טון    | 160.60      | נקודה          | 2     | 6    | 9     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 47.6±5.6    | ריכוז. $\mu$ M | 3.66  | 4.37 | 4.89  |
| 2013 | עומס. טון    | 156.00      | נקודה          | 2     | 10   | 9     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 44.3±4.7    | ריכוז. $\mu$ M | 2.39  | 2.49 | 2.93  |
| 2014 | עומס. טון    | 170.94      | נקודה          | 2     | 7n   | 5     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 47.7±7.4    | ריכוז. $\mu$ M | 3.99  | 4.01 | 5.02  |
| 2015 | עומס. טון    | 217.20      | נקודה          | 3     | 13   | 6     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 51.8±4.8    | ריכוז. $\mu$ M | 4.02  | 4.53 | 7.25  |
| 2016 | עומס. טון    | 321.96      | נקודה          | 5     | 8n   | 4     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 52.6±3.7    | ריכוז. $\mu$ M | 7.09  | 7.96 | 8.48  |
| 2017 | עומס. טון    | 342.32      | נקודה          | 13    | 6    | 1     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 55.6±2.4    | ריכוז. $\mu$ M | 4.33  | 4.80 | 28.57 |
| 2018 | עומס. טון    | 394.93      | נקודה          | 6     | 9    | 4     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 58.8±2.7    | ריכוז. $\mu$ M | 5.44  | 7.02 | 8.75  |
| 2019 | עומס. טון    | 354.88      | נקודה          | 9     | 3    | 1     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 59.6±1.9    | ריכוז. $\mu$ M | 4.89  | 6.47 | 7.31  |
| 2020 | עומס. טון    | 372.43      | נקודה          | 5     | 8n   | 12    |
|      | ריכוז. מג"ל  | 60.1±1.8    | ריכוז. $\mu$ M | 5.94  | 6.93 | 9.00  |
| 2021 | עומס. טון    | 391.7       | נקודה          | 6     | 7n   | 1     |
|      | ריכוז. מג"ל  | 60.6±4.4    | ריכוז. $\mu$ M | 5.3   | 9.9  | 14    |

<sup>16</sup> בטבלאות 9 – 13: כאשר נקודת ניטור רשומה פעמיים באותו מועד ניטור, הנתונים הם משני עומקים (סמוך לפני השטח וסמוך לקרקעית).

<sup>17</sup> בטבלאות 9 – 13: בחלק קטן ממועדי הניטור לא היה ניתן לדגום בנקודה 1 (הקרובה ביותר למוצא מי הרכז) מסיבות בטיחות.

טבלה 10: שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של אמוניום שנמדדו בכל מועד ניטור רוטנברג בשנים 2008 – 2021 ונקודות הניטור שבהן נמדדו ריכוזים אלה. הריכוז הגבוה ביותר בכל מועד ניטור רשום בפונט מודגש. נקודות ניטור במרחק של עד 500 מטר ממוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה רשומות באדום.

| שנה  | ריכוזי מקס.                   | חורף |  |  | אביב |      |       | קיץ  |      |      | סתיו  |      |      |
|------|-------------------------------|------|--|--|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|
| 2008 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 11   | 2    | 17    | 12   | 13   | 17   | 3     | 17   | 5    |
|      |                               |      |  |  | 0.78 | 0.75 | 0.75  | 1.60 | 1.39 | 1.12 | 5.66  | 3.63 | 1.30 |
| 2009 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 2    | 11   | 5     |      |      |      | 2     | 4n   | 1    |
|      |                               |      |  |  | 0.96 | 0.80 | 0.70  |      |      |      | 0.97  | 0.85 | 0.71 |
| 2010 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 2    | 11   | 7n    |      |      |      | 8n    | 14   | 10   |
|      |                               |      |  |  | 1.01 | 0.78 | 0.75  |      |      |      | 0.73  | 0.68 | 0.63 |
| 2011 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 7n   | 8n   | 1     |      |      |      | 7n    | 11   | 12   |
|      |                               |      |  |  | 1.48 | 1.35 | 1.24  |      |      |      | 1.3   | 1.07 | 1.06 |
| 2012 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 14   | 7n   | 3     | 8n   | 8n   | 11   | 8n    | 3    | 4n   |
|      |                               |      |  |  | 2.5  | 1.42 | 1.28  | 2.85 | 2.04 | 1.76 | 11.17 | 7.31 | 5.11 |
| 2013 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 12   | 9    | 7n    |      |      |      | 4n    | 7n   | 5    |
|      |                               |      |  |  | 2.40 | 1.63 | 1.36  |      |      |      | 2.66  | 1.77 | 1.40 |
| 2014 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 8n   | 11   | 12    |      |      |      | 4     | 3    | 12   |
|      |                               |      |  |  | 5.10 | 1.80 | 1.68  |      |      |      | 3.08  | 2.56 | 1.89 |
| 2015 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 14   | 5    | 14    | 7n   | 4    | 4n   | 4     | 3    | 1    |
|      |                               |      |  |  | 4.84 | 3.52 | 3.18  | 2.80 | 2.50 | 2.35 | 2.31  | 2.03 | 1.35 |
| 2016 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 11   | 7n   | 12    | 1    | 4    | 7n   | 7n    | 8n   | 14   |
|      |                               |      |  |  | 1.31 | 1.24 | 1.11  | 0.94 | 0.90 | 0.86 | 0.46  | 0.39 | 0.37 |
| 2017 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 9    | 14   | 13    | 7n   | 11   | 12   | 1     | 13   | 3    |
|      |                               |      |  |  | 1.09 | 0.85 | 0.85  | 1.37 | 1.08 | 0.92 | 1.61  | 0.89 | 0.83 |
| 2018 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 7n   | 5    | 12, 4 | 1    | 4    | 6    | 12    | 6    | 11   |
|      |                               |      |  |  | 0.74 | 0.54 | 0.43  | 0.95 | 0.81 | 0.70 | 1.20  | 1.06 | 0.99 |
| 2019 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 12   | 6    | 4     | 3    | 13   | 10   | 7n    | 3    | 6    |
|      |                               |      |  |  | 0.71 | 0.69 | 0.43  | 1.10 | 0.67 | 0.55 | 0.45  | 0.42 | 0.38 |
| 2020 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 5    | 7n   | 9     | 3    | 13   | 4    | 17    | 9    | 14   |
|      |                               |      |  |  | 0.66 | 0.65 | 0.61  | 2.1  | 1.6  | 0.56 | 11    | 5.6  | 3.8  |
| 2021 | נקודה<br>ריכוז, $\mu\text{M}$ |      |  |  | 9    | 1    | 3     | 3    | 13   | 6    | 1     | 12   | 10   |
|      |                               |      |  |  | 1.5  | 1.1  | 0.89  | 1.1  | 0.97 | 0.67 | 1.7   | 0.81 | 0.80 |

טבלה 11: שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של חנקן כללי שנמדדו בכל מועד ניטור רוטנברג בשנים 2012 – 2021 ונקודות הניטור שבהן נמדדו ריכוזים אלה. הריכוז הגבוה ביותר בכל מועד ניטור רשום בפונט מודגש. נקודות ניטור במרחק של עד 500 מטר ממוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה רשומות באדום.

| שנה  | ריכוזי מקס.                   | חורף  |       |       | אביב  |       |       | קיץ   |      |      | סתיו |        |      |
|------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|------|
| 2012 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ | 14    | 2     | 1     | 12    | 11    | 2n, 4 | 6     | 17   | 2    | 13   | 6      | 2    |
|      |                               | 20.1  | 15.6  | 12.8  | 15.0  | 14.9  | 11.0  | 21.4  | 15.9 | 9.8  | 14.3 | 13.0   | 11.2 |
| 2013 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ | 1     | 3     | 9     | 12    | 2     | 3     |       |      |      | 3    | 4n     | 2    |
|      |                               | 15.9  | 14.8  | 13.2  | 20.7  | 17.0  | 16.7  |       |      |      | 12.4 | 11.9   | 11.5 |
| 2014 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ | 4n    | 5     | 1     | 12    | 6     | 4n    |       |      |      | 4n   | 4      | 3    |
|      |                               | 20.0  | 13.8  | 11.7  | 37.0  | 23.6  | 16.5  |       |      |      | 20.6 | 20.2   | 19.0 |
| 2015 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ | 10    | 6     | 3     | 14    | 11    | 10    | 6     | 4    | 7n   |      |        |      |
|      |                               | 21.3  | 18.4  | 16.3  | 35.9  | 23.0  | 16.1  | 23.8  | 16.6 | 16.6 |      |        |      |
| 2016 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ | 4     | 4n    | 8n    | 5     | 7n    | 12    | 9     | 14   | 4    | 4    | 9      | 9    |
|      |                               | 23.0  | 18.5  | 15.3  | 18.6  | 15.8  | 15.5  | 18.2  | 14.5 | 14.3 | 16.5 | 15.5   | 12.1 |
| 2017 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ | 1     | 6     | 13, 6 | 12    | 4     | 9     | 9     | 13   | 11   | 1    | 13     | 13   |
|      |                               | 33.5  | 11.4  | 9.3   | 21.7  | 13.8  | 13.7  | 16.4  | 15.2 | 12.3 | 37.4 | 23.1   | 16.3 |
| 2018 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ | 1     | 13    | 4     | 1     | 5     | 9     | 1     | 6    | 4    | 1    | 9      | 4    |
|      |                               | 18.44 | 15.91 | 14.39 | 11.81 | 10.8  | 10.2  | 32.0  | 24.4 | 20.4 | 28.5 | 14.7   | 13.8 |
| 2019 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ | 3     | 1     | 7n    | 3     | 4     | 13    | 3     | 6    | 6    | 1    | 5      | 7n   |
|      |                               | 13.74 | 12.99 | 11.65 | 23.4  | 15.00 | 12.8  | 17.05 | 14.7 | 14.1 | 32.6 | 17.3   | 15.4 |
| 2020 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ |       |       |       | 12    | 5     | 8n    | 13    | 6    | 3    | 12   | 11     | 17   |
|      |                               | 15.17 |       |       | 12.78 | 12.36 |       | 27    | 25   | 23   | 20   | 16     | 15   |
| 2021 | נקודה<br>ריכוז. $\mu\text{M}$ | 4     | 1     | 9     | 1     | 9     | 17    | 3     | 9    | 5    | 4    | 12, 11 | 1    |
|      |                               | 19.8  | 19.6  | 17.7  | 24    | 23    | 23    | 31    | 23   | 16   | 22   | 13     | 12   |

טבלה 12: שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של חומצה סיליצית שנמדדו בכל מועד ניטור רוטנברג בשנים 2008 – 2021, נקודות הניטור שבהן נמדדו ריכוזים אלה, והזרמת חומצה סיליצית לים ממתקני ההתפלה של מקורות (עומסים וריכוזים במי הרכז כ - Si). הריכוז הגבוה ביותר בכל מועד ניטור רשום בפונט מודגש. נקודות ניטור במרחק של עד 500 מטר ממוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה רשומות באדום.

| שנה  | הזרמת מקורות             | ריכוזי מקס.         | חורה                    | אביב        | קיץ        | סתיו        |
|------|--------------------------|---------------------|-------------------------|-------------|------------|-------------|
| 2008 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 49.29<br>62.0±6.3   | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 2<br>3.80   | 11<br>3.67 | 12<br>3.41  |
| 2009 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 61.08<br>62.0±5.2   | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 2<br>2.75   | 11<br>2.21 | 2<br>3.43   |
| 2010 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 45.92<br>56.4±8.9   | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 6<br>2.72   | 13<br>6.92 | 4n<br>7.33  |
| 2011 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 175.74<br>64.7±6.5  | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 10<br>6.36  | 6<br>3.84  | 2<br>5.27   |
| 2012 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 211.75<br>61.5±2.9  | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 2<br>6.50   | 12<br>3.95 | 2<br>4.09   |
| 2013 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 206.26<br>58.9±4.3  | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 1<br>3.95   | 2<br>3.01  | 12<br>3.04  |
| 2014 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 220.15<br>60.8±4.6  | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 4<br>5.56   | 11<br>5.12 | 3<br>10.39  |
| 2015 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 277.78<br>65.7±6.2  | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 1<br>10.45  | 11<br>3.64 | 4<br>3.78   |
| 2016 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 418.78<br>68.4±6.4  | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 7n<br>5.87  | 4<br>4.94  | 12<br>5.13  |
| 2017 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 387.19<br>64.2±3.4  | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 5<br>7.85   | 4<br>3.92  | 13<br>4.14  |
| 2018 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 449.50<br>66.9±3.2  | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 1<br>6.19   | 5<br>4.36  | 6<br>5.37   |
| 2019 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 399.45<br>67.0±2.6  | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 3<br>5.61   | 6<br>3.83  | 1<br>5.41   |
| 2020 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 435.50<br>70.28±3.2 | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 12<br>10.32 | 7n<br>7.86 | 12<br>10.28 |
| 2021 | עומס. טון<br>ריכוז. מג"ל | 439.3<br>68.0±3.6   | נקודה<br>ריכוז. $\mu$ M | 1<br>9.9    | 9<br>7.4   | 4<br>9.2    |

טבלה 13: שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של פוספאט שנמדדו בכל מועד ניטור רוטנברג בשנים 2008 – 2021 ונקודות הניטור שבהן נמדדו ריכוזים אלה. הריכוז הגבוה ביותר בכל מועד ניטור רשום בפונט מודגש. נקודות ניטור במרחק של עד 500 מטר ממוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה רשומות באדום.

| שנה  | ריכוזי מקס.          | חורף  |       |          | אביב  |       |       | קיץ   |       |          | סתיו  |       |        |
|------|----------------------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|--------|
| 2008 | נקודה                |       |       |          | 1     | 17    | 2     | 12    | 17    | 12       | 12    | 12    | 12     |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ |       |       |          | 0.121 | 0.082 | 0.081 | 0.231 | 0.216 | 0.208    | 0.176 | 0.172 | 0.152  |
| 2009 | נקודה                | 11    | 12    | 5        | 1     | 8n    | 2     | 10    | 2     | 12       | 7n    | 12    | 8n     |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.269 | 0.238 | 0.194    | 0.532 | 0.279 | 0.116 | 0.209 | 0.151 | 0.134    | 0.215 | 0.204 | 0.176  |
| 2010 | נקודה                | 9     | 8n    | 7n       | 7n    | 8n    | 12    | 1     | 13    | 3        | 13    | 3     | 6      |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.144 | 0.139 | 0.134    | 0.247 | 0.200 | 0.12  | 0.150 | 0.140 | 0.130    | 0.365 | 0.347 | 0.217  |
| 2011 | נקודה                | 2     | 1     | 5        | 1     | 17    | 9     | 8n    | 7n    | 7n       | 11    | 5     | 12     |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.248 | 0.221 | 0.192    | 0.613 | 0.369 | 0.249 | 0.361 | 0.243 | 0.223    | 0.201 | 0.150 | 0.135  |
| 2012 | נקודה                | 5     | 1     | 10       | 2     | 14    | 11    | 6     | 7n    | 8n       | 2     | 7n    | 8n     |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.358 | 0.207 | 0.188    | 0.184 | 0.182 | 0.145 | 0.200 | 0.197 | 0.160    | 0.483 | 0.175 | 0.160  |
| 2013 | נקודה                | 17    | 6     | 10       | 12    | 2     | 11    |       |       |          | 7n    | 2     | 11     |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.498 | 0.341 | 0.305    | 0.368 | 0.320 | 0.308 |       |       |          | 0.152 | 0.109 | 0.107  |
| 2014 | נקודה                | 2     | 13    | 3        | 8n    | 4n    | 11    |       |       |          | 12    | 4     | 5      |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.107 | 0.103 | 0.095    | 0.331 | 0.308 | 0.286 |       |       |          | 0.191 | 0.187 | 0.167  |
| 2015 | נקודה                | 6     | 3     | 3        | 5     | 1     | 7n    | 8n    | 14    | 11       | 7n    | 5     | 12     |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.253 | 0.215 | 0.183    | 0.465 | 0.322 | 0.228 | 0.332 | 0.296 | 0.271    | 0.182 | 0.170 | 0.146  |
| 2016 | נקודה                | 9     | 7n    | 3        | 4     | 5     | 12    | 9     | 4     | 9        | 4     | 12    | 17     |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.506 | 0.348 | 0.292    | 0.251 | 0.165 | 0.147 | 0.296 | 0.261 | 0.225    | 0.209 | 0.161 | 0.158  |
| 2017 | נקודה                | 13    | 1     | 11       | 1     | 11    | 4     | 12    | 11    | 1        | 6     | 1     | 10     |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.135 | 0.122 | 0.119    | 0.110 | 0.110 | 0.102 | 0.106 | 0.079 | 0.075    | 0.41  | 0.19  | 0.15   |
| 2018 | נקודה                | 7n    | 10    | 6, 9, 5, | 1     | 12    | 14    | 1     | 1     | 1        | 1     | 4     | 3      |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.08  | 0.08  | 0.07     | 0.174 | 10.12 | 0.120 | 0.166 | 0.11  | 0.11     | 0.284 | 0.244 | 0.221  |
| 2019 | נקודה                | 3     | 1     | 9        | 3     | 10    | 11    | 6     | 1     | 13       | 1     | 3     | 7n, 8n |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.19  | 0.12  | 0.1      | 0.220 | 0.187 | 0.135 | 0.158 | 0.11  | 0.150    | 0.222 | 0.146 | 0.086  |
| 2020 | נקודה                | 3     |       |          | 3     | 1     | 7n    | 3     | 6     | 5, 9, 13 | 11    | 12    | 1      |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.325 |       |          | 0.324 | 0.279 | 0.23  | 0.17  | 0.14  | 0.17     | 0.17  | 0.17  | 0.15   |
| 2021 | נקודה                | 4     | 3     | 7n       | 9     | 1     | 17    | 3     | 9     | 13, 6    | 4     | 1     | 7n     |
|      | ריכוז, $\mu\text{M}$ | 0.15  | 0.12  | 0.12     | 0.188 | 0.181 | 0.160 | 0.18  | 0.17  | 0.15     | 0.46  | 0.32  | 0.2    |

**טבלה 14: ערכי החציון (מיקרומולר) של ריכוזי נוטריאנטים וכלורופיל בכל אזור ניטור רוטנברג באביב ובסתיו בשנים 2008 – 2021 וערכי הייחוס לאביב, לקיץ ולסתיו (ערכי הייחוס לסתיו רשומים בסוגריים ורלוונטים רק לשנים 2008, 2014, 2019 ו-2021 שבהן ניטור הסתיו התבצע בנובמבר). ערכי חציון גבוהים מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס ( +50%) מודגשים.**

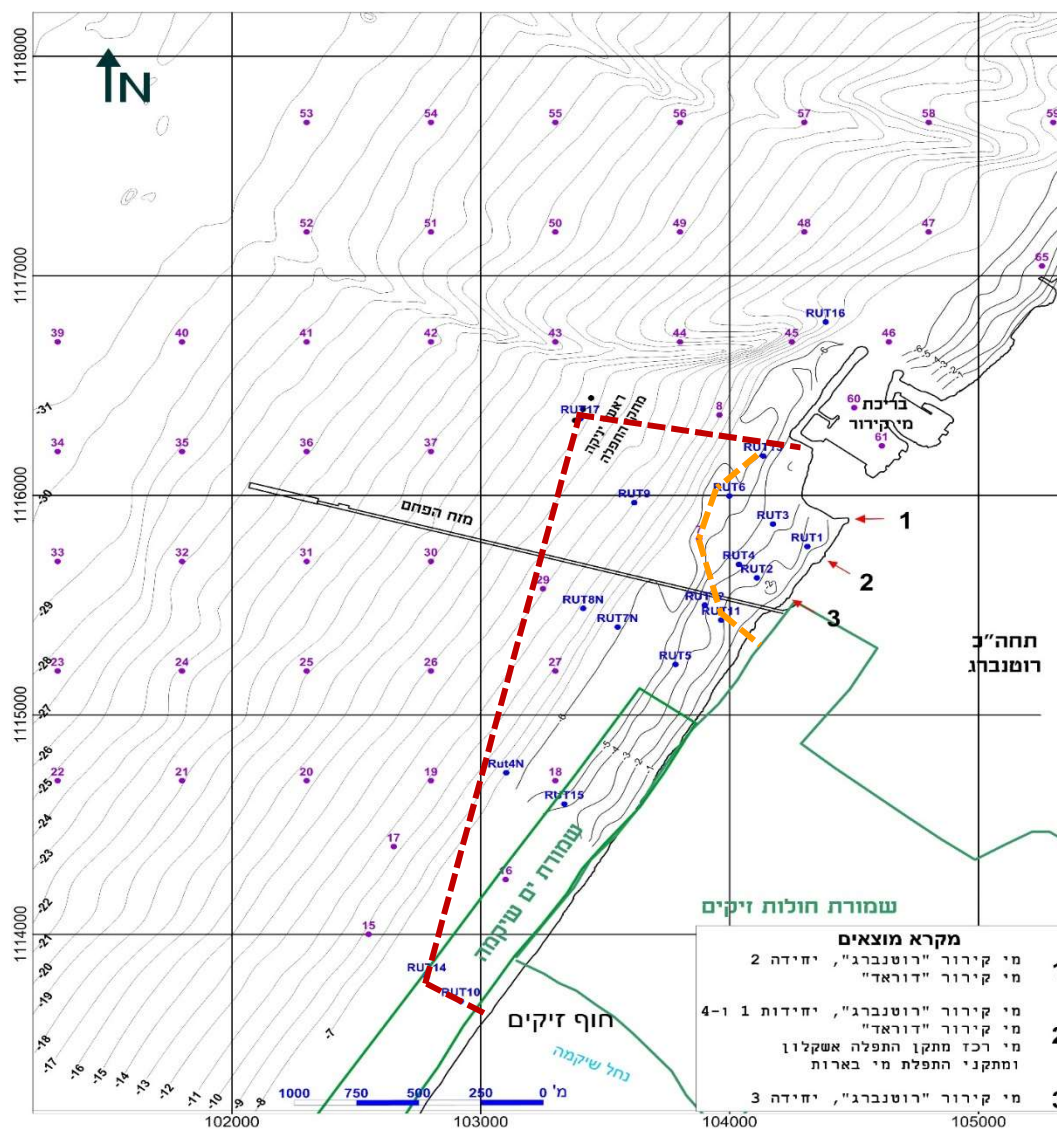
#### אביב

| שנה              | ניטראט      | אמוניום     | חנקן כללי    | פוספאט       | ח. סיליציט  | כלורופיל    |
|------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 2008             | 0.28        | 0.33        |              | 0.045        | <b>2.74</b> | 0.29        |
| 2009             | 0.24        | 0.16        |              | 0.057        | 1.75        | 0.34        |
| 2010             | 0.33        | 0.17        |              | 0.053        | 0.72        | 0.66        |
| 2011             | <b>0.64</b> | <b>0.65</b> |              | 0.158        | <b>4.67</b> | <b>0.86</b> |
| 2012             | <b>2.19</b> | <b>0.89</b> | 7.70         | 0.066        | 2.31        | 0.32        |
| 2013             | <b>1.22</b> | <b>0.81</b> | <b>12.8</b>  | <b>0.175</b> | <b>3.36</b> | <b>1.26</b> |
| 2014             | <b>1.57</b> | <b>1.11</b> | <b>10.09</b> | 0.144        | <b>3.44</b> | 0.42        |
| 2015             | <b>2.93</b> | <b>1.94</b> | <b>13.82</b> | 0.143        | <b>4.02</b> | 0.54        |
| 2016             | <b>1.23</b> | <b>0.56</b> | 9.62         | 0.110        | 1.8         | 0.48        |
| 2017             | <b>3.01</b> | <b>0.51</b> | 7.95         | 0.070        | 1.19        | 0.62        |
| 2018             | <b>0.96</b> | 0.28        | 8.63         | 0.096        | <b>3.77</b> | 0.54        |
| 2019             | <b>0.77</b> | 0.21        | <b>9.68</b>  | 0.066        | <b>2.34</b> | 0.52        |
| 2020             | <b>2.63</b> | <b>0.44</b> | 8.28         | <b>0.177</b> | <b>5.48</b> | 0.62        |
| 2021             | <b>1.09</b> | 0.30        | <b>12.56</b> | 0.082        | <b>5.67</b> | <b>0.88</b> |
|                  |             |             |              |              |             |             |
| ערכי ייחוס       | 0.30        | 0.26        | 6.38         | 0.110        | 1.33        | 0.54        |
| ערכי ייחוס + 50% | 0.45        | 0.39        | 9.57         | 0.165        | 2.0         | 0.81        |

#### סתיו

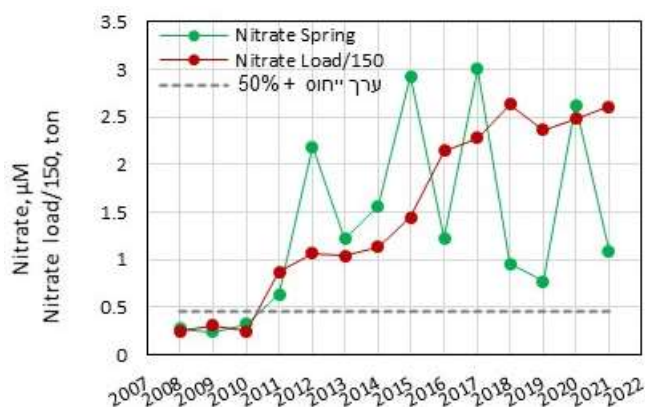
| שנה              | ניטראט      | אמוניום     | חנקן כללי    | פוספאט        | ח. סיליציט  | כלורופיל    |
|------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|-------------|-------------|
| 2008             | 0.23        | 0.77        |              | 0.109         | <b>2.77</b> | <b>0.79</b> |
| 2009             | 0.43        | <b>0.50</b> |              | <b>0.097</b>  | 2.04        | 0.35        |
| 2010             | 0.45        | <b>0.36</b> |              | 0.060         | 1.38        | 0.21        |
| 2011             | <b>1.29</b> | 0.28        |              | 0.087         | <b>3.07</b> | 0.24        |
| 2012             | <b>0.89</b> | <b>1.85</b> | 6.10         | <b>0.098</b>  | <b>2.40</b> | 0.39        |
| 2013             | <b>1.06</b> | <b>0.58</b> | 8.99         | 0.060         | 2.14        | 0.49        |
| 2014             | <b>1.22</b> | 0.79        | <b>12.90</b> | 0.100         | <b>2.60</b> | 0.36        |
| 2015             | <b>1.07</b> | <b>0.45</b> |              | 0.041         | <b>3.02</b> | 0.40        |
| 2016             | 0.57        | 0.16        | 7.84         | <b>0.098</b>  | <b>3.66</b> | 0.57        |
| 2017             | 0.45        | 0.15        | 11.20        | 0.060         | <b>2.40</b> | <b>1.10</b> |
| 2018             | <b>1.30</b> | <b>0.44</b> | 9.6          | <b>0.159</b>  | <b>3.50</b> | 0.51        |
| 2019             | <b>1.35</b> | 0.26        | <b>8.3</b>   | 0.036         | <b>2.20</b> | 0.28        |
| 2020             | <b>2.20</b> | <b>1.05</b> | 10.5         | 0.070         | <b>4.30</b> | 0.25        |
| 2021             | <b>1.18</b> | <b>0.58</b> | 7.3          | 0.056         | <b>2.70</b> | 0.35        |
|                  |             |             |              |               |             |             |
| ערכי ייחוס       | 0.31 (0.74) | 0.28 (0.86) | 7.94 (6.85)  | 0.059 (0.106) | 1.56 (1.20) | 0.52 (0.26) |
| ערכי ייחוס + 50% | 0.47 (1.11) | 0.42 (1.29) | 11.91 (6.85) | 0.089 (0.159) | 2.34 (1.80) | 0.78 (0.39) |

איור 1: השטח של אזור הניטור המוגדר ע"י נקודות הניטור הקיצוניות RUT14, RUT17, RUT13 (תחום באדום). הקו הכתום מציין טווח 500 מ' ממוצא מי הרכז של מתקני ההתפלה.

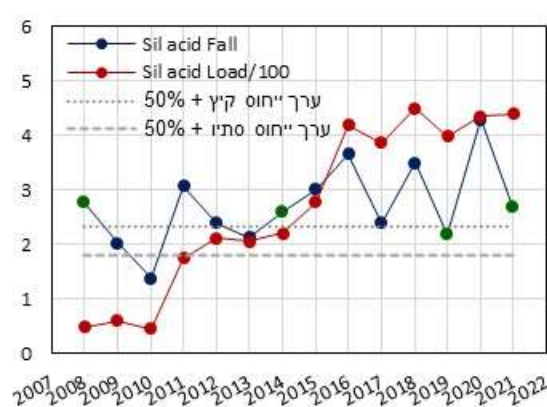
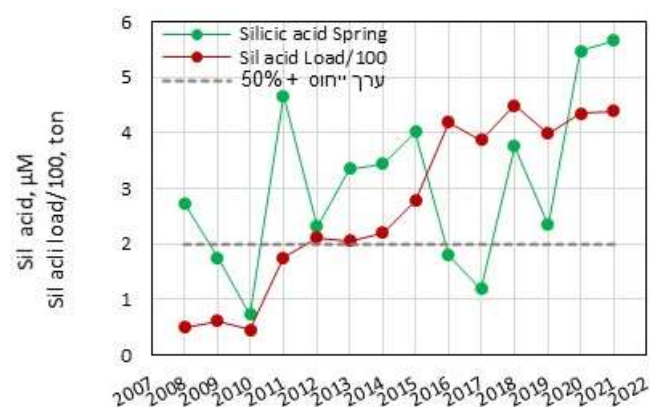
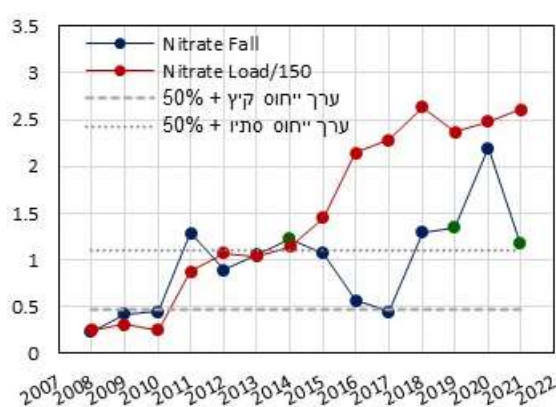


איור 2: ריכוזי חציון של ניטראט, חומצה סיליצית, חנקן כללי, אמוניום ופוספאט באזור הניטור באביב ובסתיו בשנים 2008 – 2021 (בניטור הסתיו, השנים 2008, 2014, 2019 ו- 2021 שבהן הדיגום בוצע בנובמבר מסומנות בצבע ירוק), העומסים השנתיים של ניטראט וחומצה סיליצית ממתקני ההתפלה של מקורות, עומס החנקן הכללי מכל המקורות (כל העומסים בסקלות מותאמות), והקריטריונים להתאמה לערכי הייחוס של נוטריאנטים שהוצעו ע"י חיא"ל (+50%). לניטור הסתיו מוצגים קריטריון ההתאמה לערך הייחוס של הסתיו שרלוונטי לשנים 2008, 2014, 2019 ו- 2021 (נקודות בירוק) וקריטריון ההתאמה לערך הייחוס של הקיץ שרלוונטי לשנים האחרות.

### אביב

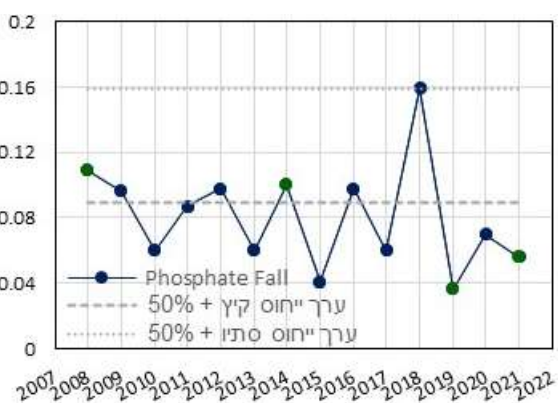
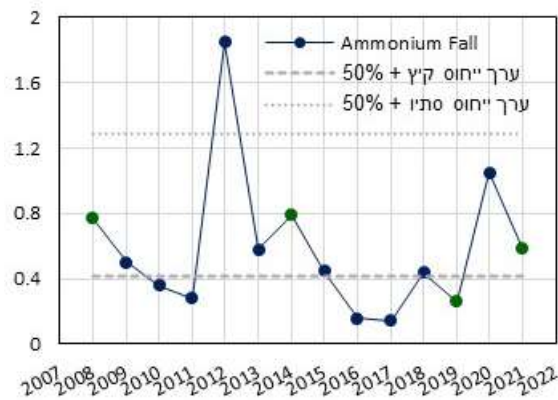
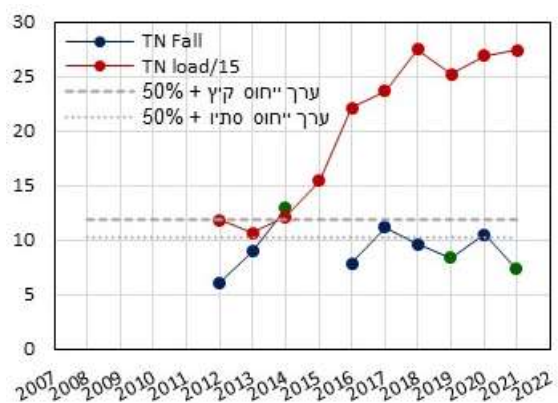


### סתיו

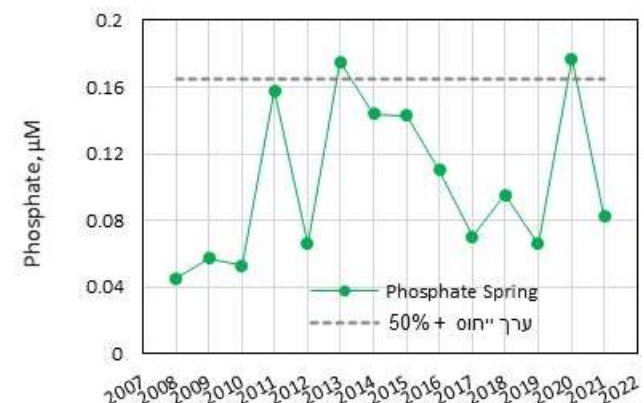
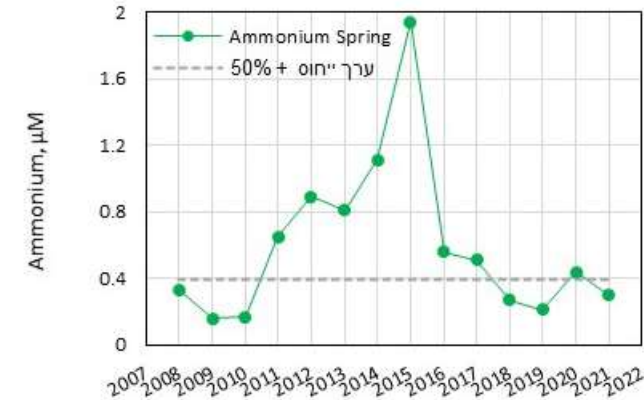
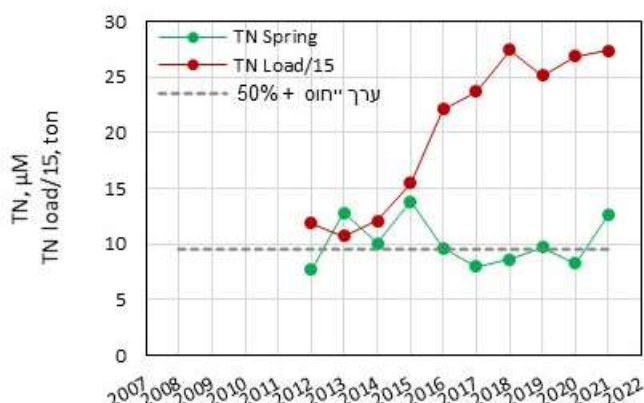


## איור 2 : המשך

### סתיו



### אביב

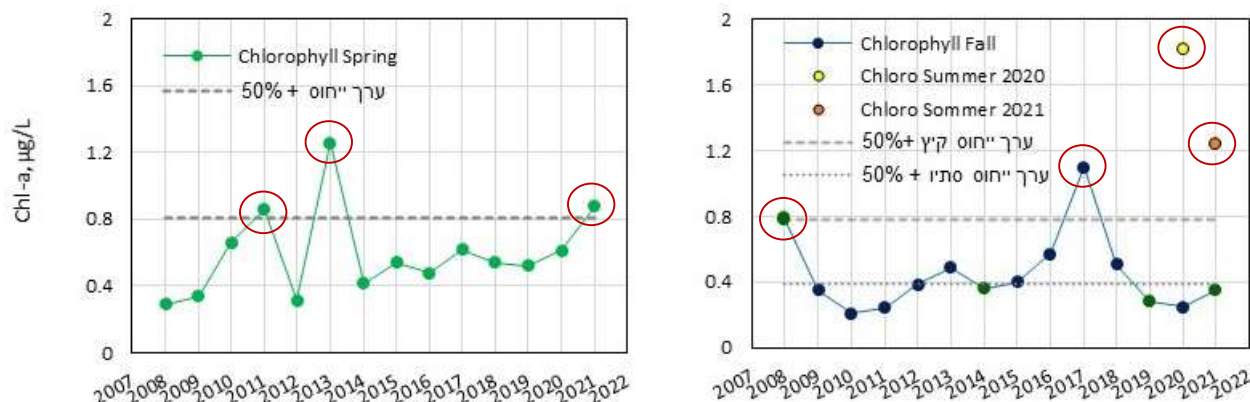


#### 4. ריכוזי כלורופיל באזור הניטור

כמפורט בדוחות השנתיים של ניטור רוטנברג, בבחינה של כל הנתונים של ניטור הכלורופיל באזור הניטור בתקופת הניטור (כמדד לביומסה של אצות באזור), לא נראית מגמה רב-שנתית של שינוי בריכוזי הכלורופיל. ריכוזי החציון של כלורופיל באזור הניטור בעונות האביב והסתיו בתקופת הניטור וערכי הייחוס של כלורופיל שהוצעו ע"י חיא"ל מוצגים באיור 3. מהשוואה של איורים 2 ו-3 ברור שלשינויים העיתיים בריכוזי הנוטריאנטים בתקופת הניטור אין ביטוי בריכוזי החציון של כלורופיל. למעט חמישה ריכוזי חציון חריגים, באביב 2011, 2013 ו-2021 ובסתיו 2008 ו-2017, יש התאמה טובה לערכי הייחוס (לפי קריטריון ההתאמה של  $+50\%$ ). כמפורט בדוחות הניטור לשנים 2008, 2011, 2013, 2017 ו-2021, ריכוזים החציון החריגים משקפים כנראה הסעה לאזור הניטור של כתמי כלורופיל שנוצרו מול רצועת עזה בעקבות הזרמת ביוב לים. כך היה כנראה גם בקיץ 2020 ובקיץ 2021 (איור 3).

יש לציין שבשנת 2019 פורסם מאמר מדעי על ניסויי מזוקוסמוס (mesocosm) שבוצעו בחיא"ל במטרה לבחון את השפעת מי הרכז ממתקני התפלת מים מליחים מקידוחים של חברת מקורות על אוכלוסיות הפיטופלנקטון במי פני השטח במימי החופים של ישראל.<sup>18</sup> בניסויים הוספו ריכוזים שונים של ניטראט למי ים מאזור חיפה (תל-שקמונה), ובכלל זה תוספת של 20 מיקרומולר ( $0.3 \sim$  מג"ל) ניטראט, שאמורה לייצג את ההזרמה של מי הרכז של מתקני מקורות לאחר מיהול פי 200 עם מי ים, ונבדקו פרמטרים שונים של אוכלוסיית הפיטופלנקטון כולל ריכוז כלורופיל והרכב האוכלוסיה. מסקנות עיקריות של המאמר הן: (1) אוכלוסיות הפיטופלנקטון מוגבלות בעיקר ע"י ניטראט - תוספת ניטראט בצורת מי הרכז ממתקני התפלת המים המליחים של מקורות גורמת לעליה משמעותית בביומסה של אצות שבאה לידי ביטוי בעליה משמעותית בריכוז הכלורופיל; (2) תוספת הניטראט גורמת לגידול מואץ של אצות ספציפיות ובכלל זה אצה (דינופלגלט) בעלת פוטנציאל רעילות *Karlodinium venificum*. כמפורט בדוחות ניטור רוטנברג ובנספח זה, תוצאות הניטור הרב-שנתי אינן תומכות במסקנות של המאמר. כאמור לעיל, ריכוזי הכלורופיל באזור הניטור נמוכים ותואמים לערכי הייחוס (למעט במקרים החריגים של השפעה של ביוב עזה), ומאז שהחל ניטור המיקרואצות בשנת 2015 (פעמיים בשנה) הדינופלגלט *K. venificum* לא נמצא אף פעם.<sup>19</sup>

**איור 3: ריכוזי חציון של כלורופיל באזור הניטור באביב ובסתיו בשנים 2008 – 2021 וערכי הייחוס  $+50\%$  של כלורופיל. ערך הייחוס  $+50\%$  של הסתיו רלוונטי רק לשנים 2008, 2014, 2019 ו-2021 (נקודות בירוק). באיור הסתיו מוצגים ריכוזי החציון של כלורופיל באזור הניטור בקיץ 2020 (נקודה צהובה) ובקיץ 2021 (נקודה כתומה). מעגל אדום = כנראה השפעה של ביוב עזה.**



<sup>18</sup> Raveh et al (2019): Phytoplankton response to N-rich well amelioration brines: A mesocosm study from the southeastern Mediterranean Sea. Mar. Poll Bull. 146, 355-365.

<sup>19</sup> ייתכן שהפריחה של *K. venificum* המתוארת במאמר התאפשרה בניסויי המזוקוסמוס כי במי הים מתל-שקמונה היה אינוקולום (כמות התחלתית) של דינופלגלט זה (שלא נמצא במי הים באזור אשקלון).

- (1) בכל מועדי הניטור בתקופת הניטור, נמדדו בחלק מנקודות הניטור ריכוזי נוטריאנטים גבוהים מערכי הייחוס שהוצעו ע"י חיא"ל ואמורים לייצג את הרקע הטבעי, ואף מקריטריון ההתאמה לערכי הייחוס (+ 50%), אולם גם ריכוזים אלה נמוכים יחסית לריכוזים אשר נחשבים כעלולים לגרום לתהליכי אוטרופיקציה בסביבה הימית, בוודאי בתנאי ים פתוח כמו באזור הניטור.
- (2) בכל תקופת הניטור, במרבית מועדי הניטור נמצא מתאם לינארי חיובי בין ריכוזי הניטראט, החומצה הסיליצית והזרחן האורגני למליחות של מי הים, אשר מהווה סמן לנוכחות של מי הרכז ממתקן התפלה אשקלון שכוללים את מי הרכז ממתקני ההתפלה של מקורות. לעומת זאת, במרבית מועדי הניטור לא נמצא קשר בין ריכוזי האמוניום והפוספאט והמליחות. המתאם בין ריכוזי הניטראט והחומצה הסיליצית למליחות מצביע על כך שמי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות הם המקור לריכוזים הגבוהים של ניטראט וחומצה סיליצית שנמדדו באזור הניטור. המתאם בין ריכוזי הזרחן האורגני והמליחות מצביע על כך שבחלקם ריכוזי הזרחן האורגני באזור הניטור נובעים מהזרמה של פוספונט ממתקן התפלה אשקלון.
- (3) על סמך שלושת הריכוזים הגבוהים ביותר של ניטראט וחומצה סיליצית שנמדדו בכל מועד ניטור במהלך תקופת הניטור, לא ניתן להצביע על מגמות רב-שנתיות עקביות של שינויים בריכוזים של נוטריאנטים אלה באף אחת מעונות השנה. עם זאת, באופן כללי, בשנים 2011 – 2021, שבהן העומסים של נוטריאנטים אלה ממי הרכז של מתקני ההתפלה של מקורות גדלו בשיעור ניכר לעומת השנים הקודמות, נמדדו בתחום של 500 מטר ממוצא מי הרכז (שטח של כ- 0.4 ק"מ<sup>2</sup>) ריכוזים גבוהים יותר מאשר בשנים הקודמות. ריכוזים גבוהים במיוחד של ניטראט נמדדו בתחום של 500 מטר מהמוצא בשבע השנים האחרונות (2015 - 2021) שבהן הייתה עלייה מדרגה נוספת בעומס הניטראט ממתקני ההתפלה של מקורות. נתוני האמוניום והפוספאט לא מצביעים על מגמות רב-שנתיות עקביות של שינויים בשנים 2008 – 2020 באף אחת מעונות השנה, ונתוני החנקן הכללי (שנבחנו רק החל מ- 2012) לא מצביעים על מגמה כזו בשנים 2012 - 2021.
- (4) ערכי החציון של הריכוזים של כל הנוטריאנטים באביב ובסתיו בכל אזור הניטור (שטח של כ- 1.9 ק"מ<sup>2</sup>) השתנו בתקופת הניטור במתכונת לא אחידה ולא עקבית. השינויים העיתיים בריכוזי החציון של הניטראט והחומצה הסיליצית, אשר כללו עליות וירידות, לא תואמים למגמת העליה בעומסים של נוטריאנטים אלה ממתקני ההתפלה של מקורות מאז 2010. גם השינויים העיתיים בערכי החציון של החנקן הכללי לא תאמו למגמת העליה העקבית בעומס החנקן הכללי מכל המקורות (כמעט הכל ניטראט ממתקני ההתפלה של מקורות) מאז 2012.
- (5) השינויים הרב-שנתיים בריכוזי הנוטריאנטים באזור הניטור לא באו לידי ביטוי בריכוזי החציון של הכלורופיל שבכל תקופת הניטור תאמו לערכי הייחוס, למעט כמה ריכוזים חריגים שכנראה משקפים הסעה לאזור הניטור של כתמי כלורופיל שנוצרו מול רצועת עזה בעקבות הזרמת ביוב לים.